UNTERSUCHUNGEN

ÜBER DIE

LEITUNGSBAHNEN

IM

RÜCKENMARK DES HUNDES.

INAUGURAL-DISSERTATION

DER MEDICINISCHEN FACULTÄT

der

KAISER-WILHELMS-UNIVERSITÄT STRASSBURG

zur Erlangung der Doctorwürde

vorgelegt von

KENGE OSAWA

AUS JAPAN.

STRASSBURG

BUCHDRUCKEREI VON R. SCHULTZ & COMP.

1882.

Gedruckt mit Genehmigung der medicinischen Facultät der Universität Strassburg.

Referent: Prof. Dr. GOLTZ.



UNTERSUCHUNGEN

über die

LEITUNGSBAHNEN

im

RÜCKENMARK DES HUNDES.



Dass bei völliger Durchschneidung des Rückenmarks sowohl motorische wie auch sensible Leitung gänzlich aufgehoben wird, kann als eine feststehende Thatsache angesehen werden. Aber in welchen Theilen des Markes diese beiden Leitungswege enthalten sind, ist eine bis jetzt noch nicht entschiedene Frage. Wie wir im Folgenden sehen werden, sind die Antworten hierauf von den verschiedenen Forschern sehr mannigfaltig ausgefallen.

Geschichtliches.

Um bei der Schilderung meiner Versuche und ihrer Resultate nicht gezwungen zu sein, dieselbe durch die betreffenden Angaben der anderen Beobachter zu unterbrechen, schicke ich eine kurze Zusammenstellung der bis heute vorliegenden Versuche über die Leitung im Rückenmark, soweit sie Bezug auf die meinigen haben, voraus.

Es scheint dies um so angebrachter, als eine solche wenigstens für die neueren Arbeiten noch nicht existirt und es bei der grossen Anzahl der in neuerer Zeit in dieser Richtung angestellten Untersuchungen immer schwieriger wird, eine Uebersicht des Gefundenen zu behalten. Longet[1] hat die älteren und die ältesten Anschauungen über diesen Gegenstand zusammengestellt und kann ich diese unberücksichtigt lassen.

Van Deen[2] und dessen Kritiker Stilling[3] haben an Fröschen mehrere Versuche angestellt. Beide fanden, dass die Durchschneidung der vorderen Hälfte des Rückenmarks den Einfluss des Willens auf alle unter dem Durchschnitt des Rückenmarks gelegenen Theile aufhebt.

Nach der Durchschneidung der Hinterstränge geht nach van Deen die Empfindung in allen Theilen unter dem Schnitt verloren.

Nach Stilling besteht aber dieselbe noch fort, wenn die hintere graue Substanz unverletzt ist. (Später hat van Deen seine Behauptung zurückgenommen.)

Nach der halbseitigen Durchschneidung des Rückenmarks fand van Deen, dass nur in der einen Hinterpfote willkürliche Bewegung möglich sei, wodurch in

---

1. Longet, Anatomie und Physiologie des Nervensystems, deutsch von Hein, B. I., p. 231, Leipzig 1847.

2. v. Deen, Tydschrift voor naturlyke Geschiedenis en Physiologie door van der Hœven en de Vriese, 3. Stuk, p. 151—181, 1838. — Nadere Ontdenkingen over de Eigenschappen van het Ruggemerg etc., Leyden 1839. — Traités et découvertes sur la physiologie de la moëlle épinière (aus dem Holländ.), Leyden 1841.

3. Stilling, Untersuchung über d. Funkt. des Rückenmarks und der Nerven, Leipzig 1842.

der anderen (deren Rückenmarkshälfte durchgeschnitten ist) Reflexbewegung erzeugt werde. Das Gefühl ist auf beiden Seiten erhalten. Stilling behauptet aber, dass ein Querschnitt durch eine Rückenmarkshälfte weder Bewegung noch Empfindung aller unter dem Schnitte gelegenen Theile stört.

Van Deen hat die eine Seitenhälfte des Rückenmarks oben (2. Wirbel) und die andere Seitenhälfte tiefer unten (5. Wirbel) bis zur Mittellinie durchgeschnitten und fand, dass die willkürliche Bewegung in den beiden Hinterpfoten verloren, dass aber das «wirkliche» Gefühl nicht gestört ist. War die Entfernung beider Schnitte von einander gering (auf der einen Seite beim 3. Wirbel, auf der anderen beim 4.), so ging auch das Gefühl verloren.

Nach Stilling ist aber weder Bewegung noch Empfindung aller unter dem Schnitt gelegenen Theile gestört, auch wenn die Entfernung beider Schnitte nur einen Wirbel betrug.

Durchschneidung des ganzen Rückenmarks mit Ausnahme der vorderen Stränge hebt nach van Deen die Empfindung in den Hinterpfoten vollständig auf, nicht aber die Bewegung. Ebenso geht nach Trennung aller Rückenmarkssubstanz mit Ausnahme der hinteren weissen Substanz jede willkürliche Bewegung in den Hinterpfoten verloren; das «wirkliche» Gefühl ist aber nicht gestört. Nach Stilling ist aber nach diesen Operationen weder die Bewegung in dem einen, noch das Gefühl im anderen erhalten.

Aus diesen Versuchen zieht van Deen folgende Schlüsse:

Die willkürliche Bewegung wird durch die weissen Vorderstränge vermittelt, dieselben Stränge mit der angrenzenden vorderen grauen Substanz sind auch fähig, Empfindung zu leiten. Zur Uebertragung des Willenseinflusses auf die vorderen motorischen Wurzeln bedürfen die Vorderstränge der Mithülfe der vorderen grauen Substanz.

Die sensiblen Eindrücke werden durch die weissen Hinterstränge geleitet; auch die hintere graue Substanz betheiligt sich an dieser Leitung und insbesondere die hintere graue Substanz in Verbindung mit den Hintersträngen befähigt die letzteren, die sensiblen Eindrücke von der Peripherie zum Gehirn fortzupflanzen.

Die graue Substanz leitet die Eindrücke von den Hintersträngen zu den Vordersträngen über. Durch dieselbe Substanz werden die Erregungen von einer centripetalleitenden Faser zur anderen übertragen und findet auch in Bezug auf die centrifugalleitenden Fasern dasselbe statt. Denn wenige Fasern der weissen vorderen Substanz sind im Stande, mittelst der grauen Substanz den Impuls des Willens vom Gehirn auf fast alle vordere Wurzeln, welche unterhalb dieser wenigen Fasern entspringen, zu übertragen.

Die Lehre Stillings lautet kurzgefasst folgendermassen:

Die hintere weisse Substanz ist empfindlich, doch nur, wenn sie mit der grauen Substanz in Verbindung steht. Die hintere graue Substanz ist empfindlich, mag sie mit der hinteren weissen Substanz in Verbindung stehen oder nicht. Ohne hintere graue Substanz kommt keine Empfindung zu Stande.

Die vordere weisse Substanz ist unempfindlich, ebenso die vordere graue Substanz. Die Bewegungen entstehen durch Vermittlung der vorderen grauen Substanz; ohne dieselbe kann der Wille keine Bewegung hervorbringen. Die vordere graue Substanz trägt die Impulse des Willens den vorderen Nervenwurzeln zu.

So lange nur eine kleine Brücke hinterer grauer Substanz den unteren Abschnitt des Rückenmarks mit dem oberen und Gehirn verbindet, bleibt das Gefühl in allen hinter der Verletzung des Rückenmarks gelegenen Körpertheilen unverändert erhalten. So lange umgekehrt nur noch eine kleine Brücke vorderer grauer Substanz die vordere und hintere Rückenmarkshälfte vereinigt, bleibt die willkürliche Bewegung in allen Theilen unterhalb der Verletzung ungestört.

Die hintere und vordere weisse Substanz leitet nicht in der Längsrichtung des Rückenmarks, wie van Deen behauptet, sondern in der queren Richtung. Jene leitet gegen die Achse des Rückenmarks hin, diese empfängt die Eindrücke in der Richtung von der Achse nach der Oberfläche zu.

Longet[1] schliesst aus seinen Reizungsversuchen am Rückenmark des Hundes folgendes:

Die vorderen weissen Stränge des Rückenmarks sind wie die vorderen Wurzeln ausschliesslich für die Bewegung bestimmt, die hinteren weissen Stränge wie die hinteren Wurzeln ausschliesslich für die Leitung der sensiblen Eindrücke. Mit anderen Worten: alle motorischen Bahnen, durch welche vom Gehirn aus die peri-

---

1. Longet, l. c.

pherischen Muskeln zur Bewegung veranlasst werden, liegen ausschliesslich in den Vordersträngen, die sensiblen Bahnen, durch welche die Gefühlseindrücke von der Peripherie zu den Empfindungsorganen im Gehirn geleitet werden, ausschliesslich in den Hintersträngen.

Auch Kürschner[1] ist durch seine Reizversuche zu demselben Schluss gelangt.

Budge[2] sah nach der Durchschneidung der Vorderstränge noch deutliche Zeichen der Empfindung. Nach der Durchschneidung einer Markhälfte bei Katzen fand er beide Seiten empfindlich, die operirte Seite jedoch viel weniger als die entgegengesetzte.

Bezold[3] fand nach einer Hemisection des Froschrückenmarks hoch oben die Bewegung der hinteren Extremitäten gar nicht gestört. Wurde der Schnitt weiter unten ausgeführt, so trat immer mehr Störung in dem Beine der operirten Seite auf, an der entgegengesetzten Seite wurde keine Veränderung bemerkt. Bei Tauben war die willkürliche Bewegung auf der operirten Seite total vernichtet, während sie auf der anderen vollkommen erhalten war. Die Empfindung war auf der operirten Seite gesteigert, während auf der anderen Seite nur noch deutlicher Ortsinn bestand.

Bei der Längstheilung eines Theiles des Marks bei Froschen sah er weder Bewegung noch Empfindung gestört; wurde jedoch das ganze Rückenmark in der

---

1. Marschall Hall, Abhandlung über das Nervensystem. Uebersetzt von Kürschner, Marburg 1840.

2. Budge, Untersuchung über das Nervensystem, Frankfurt 1841.

3. Bezold, Ueber die gekreuzten Wirkungen des Rückenmarks, Zeitschr. f. w. Zool., B. XI.

Medianlinie gespalten, so verschwand die gesammte willkürliche Bewegung und die bewusste Empfindung.

Van Kempen[1] fand nach einer Hemisection bei Kaninchen und Hunden Lähmung auf beiden Seiten, auf der operirten Seite jedoch in höherem Grade. Auf dieser bestand das Gefühl in sehr augenscheinlicher Weise fort, während es auf der entgegengesetzten Seite eine Schwächung erfahren hatte.

Bei der Längstheilung in der Höhe des 5.—6. Halswirbels fand er unvollkommene Lähmung in beiden Extremitäten.

Volkmann[2] hat bei einem im Winterschlaf befindlichen Igel die Abtragung eines 3 cm langen Stückes der Rückenmarkssubstanz bis auf eine aus einem Theile der Vorderstränge bestehenden Schicht weisser Substanz am Halsmark vorgenommen und hierauf einen galvanischen Strom durch die Medulla oblongata geleitet, der Bewegungen in den Muskeln der Schultergegend, des Rumpfes und der hinteren Extremitäten hervorrief.

Bei der Wiederholung des van Deen'schen Versuchs sah er nach der Durchschneidung einer Seitenhälfte stets Lähmung der gleichnamigen Seite unterhalb des Querschnittes. Die Bewegungen, welche nach Durchschneidung der beiden Seitenhälften auftreten, bezeichnet er als nicht willkürliche. Nach ihm findet daher gar keine Kreuzung der motorischen Leitungsbahnen im Rückenmark statt.

---

1. v. Kempen, Expériences physiologiques, etc., Bruxelles 1859.
2. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie.

Dagegen fand Kölliker[1] bei Kaninchen nach halbseitiger Durchschneidung das Fortbestehen der Empfindung auf der Seite des Schnittes, motorische Lähmung unvollkommen auf beiden Seiten, beträchtlicher aber auf der Seite des Schnittes. Nach ihm kreuzen sich die sämmtlichen sensiblen Fasern und ein Theil der motorischen Fasern bereits innerhalb des Rückenmarks.

Eigenbrodt[2] hat an Fröschen und Säugethieren mehrere Versuche vorgenommen.

Nach der vollständigen Durchschneidung beim Hunde reizte er die vorderen Stränge des oberen Rückenmarksstückes ohne Erfolg, während Reizung der hinteren Stränge heftigen Schmerz verursachte. Die Reizung der Vorderstränge des unteren Rückenmarksstückes rief Bewegungen in den hinteren Theilen, während Reizung der Hinterstränge keine Reaktion zur Folge hatte. Einstiche in die vorderen Hörner der grauen Substanz blieben ohne Reaktion, ebenso am Centralkanal, während diejenigen in die Hinterhörner Empfindung hervorbrachten.

Nach der Durchschneidung der hinteren Hälfte des Rückenmarks bei Fröschen sah er noch Empfindung in den hinteren Extremitäten. Nach der Durchschneidung der vorderen Hälfte von der Bauchhöhle aus sah er stets vollständige Lähmung der hinteren Extremitäten; wurde jedoch diese Operation von hinten her ausgeführt, so bestanden noch deutliche willkürliche Bewegungen in den Hinterbeinen. Diese Bewegung, meint

---

1. Kölliker, Microscop. Anat., B. II., I. Abth.
2. Eigenbrodt, Ueber die Leitungsgesetze im Rückenmarke, Giessen 1849.

er, könne nur durch die graue Substanz oder die hintere Hälfte der Seitenstränge vermittelt werden, während die Vermittlung des nach Durchschneidung der hinteren Markhälfte fortbestehenden Gefühls der grauen Substanz zugeschrieben werden müsse, da den Versuchen an Säugethieren zufolge der vordere Theil der Seitenstränge keine sensible Fasern enthalte.

Nach der Durchschneidung einer Rückenmarkshälfte in der Gegend des 2. Wirbels bei Fröschen bestand die Bewegung und die Empfindung auf beiden Seiten. Sie war jedoch um so mehr gestört, je tiefer der Schnitt gemacht wurde.

Bei der Durchschneidung beider Seitenhälften fand er, dass die Bewegung und die Empfindung aufgehoben wurde, wenn die Entfernung beider Schnitte nur gering war, während bei grösserer Entfernung derselben die Bewegung auf der Seite, wo der Schnitt höher gelegen war, noch bestand.

Nach der Hemisection beim Hunde sah er die Empfindung auf der operirten Seite fortbestehen; die willkürliche Bewegung war dagegen ganz aufgehoben. Wurden beide Seitenhälften des Markes, die eine am letzten Brustwirbel, die andere zwischen 1. und 2. Lendenwirbel durchschnitten, so waren die Hinterextremitäten vollständig gelähmt und empfindungslos.

Aus den obigen Versuchen zieht er folgende Schlüsse:

1) Die Vorderstränge enthalten nur motorische und keine sensible Fasern; sie vermitteln nur Bewegung.

2) Die Hinterstränge enthalten nur sensible Fasern; sie vermitteln nur Empfindung.

3) Die Seitenstränge enthalten motorische Fasern.

Ob sie sensible Fasern enthalten oder nicht, liess sich durch die Versuche nicht entscheiden.

4) Auch die graue Substanz allein kann sowohl Empfindung als auch Bewegung vermitteln; es ist in hohem Grade wahrscheinlich, dass die Vermittlung der Empfindung und der Bewegung nur durch die in der grauen Substanz enthaltenen Nervenfasern zu Stande kommt.

Türck[1], der an Kaninchen verschiedene Durchschneidungen vornahm, hat folgendes gefunden:

1) Trennung der Hinterstränge ruft oft lebhafte, oft dagegen keine deutliche Schmerzensäusserung hervor.

2) Bei Trennung der Vorderstränge, sowie auch einzelner Partien der grauen Substanz erfolgten keine deutlichen Schmerzensäusserungen.

3) Die Trennung der Seitenstränge und vielleicht der ihnen allernächst gelegenen grauen Substanz verursacht constant die heftigsten Schmerzen.

4) Trennung eines oder beider Hinterstränge hat keinen erheblichen Einfluss auf den Zustand der Sensibilität und Motilität der oberhalb und unterhalb der verletzten Stelle gelegenen Körpertheile.

5) Verletzung von beträchtlichen Partien der grauen Substanz ruft keine namhaften Störungen der Sensibilität und Motilität hervor.

6) Ebensowenig Erfolg hat die Trennung eines Vorderstranges.

7) Verletzung der Seitenstränge bewirkt Hyperästhesie der gleichnamigen und Anästhesie der entgegengesetzten

---

1. Türck, Wien. Sitzungsb. math. Naturw. Cl., 2. Abth., B. VI, p. 427.

Seite, während jene der übrigen Stränge weder Hyperästhesie noch Anästhesie verursachte. Die Intensität der Hyperästhesie entspricht der Grösse der Verletzung.

8) Verletzung eines Seitenstranges bewirkt motorische Lähmung der gleichnamigen Körperseite, welche jedoch selbst bei vollständiger Trennung des Seitenstranges stets nur eine unvollkommene ist.

Da die Arbeiten Schiff's[1] und Brown-Séquard's[2] in vielen Punkten übereinstimmen, so werde ich sie im Folgenden beisammen erwähnen.

Nach ihnen sind die Hinterstränge die einzigen empfindlichen Theile des Rückenmarks. Trotzdem hebt ihre vollständige Durchschneidung die Leitung der Empfindung durch die verletzte Stelle des Rückenmarks nicht auf; vielmehr ist nach dieser Operation die Empfindung gesteigert.

Den Beweis für die Nichtbetheiligung der hinteren Stränge an der Leitung der Schmerzeindrücke, führen Schiff und Brown-Séquard dadurch, dass die Schmerzempfindlichkeit in den hinteren Extremitäten verloren geht, wenn man das ganze Mark mit Ausnahme der Hinterstränge quer durchschneidet. Nach Brown-Séquard geht bei dieser Operation alle Empfindlichkeit trotz der Erhaltung der Hinterstränge verloren. Schiff vermisst dagegen nur die Schmerzempfindlichkeit, während die Empfindung für Tasteindrücke

---

1. Schiff, Lehrb. der Physiolog., Lahr 1859.

2. Brown-Séquard, Lectures on the physiol. and path. of the nerv. Centres, Philadelphia 1860; Recherche et expér. sur la physiol. de la moëlle épinière, Paris 1856; Compte rendu 1847, 1850; Gazette méd. 1849, 1850, 1851, 1855; Compte rendu de la Soc. de biologie 1849; Proceeding of the Royal Society, London 1857, u. a.

erhalten bleiben soll. Hieraus schliesst Schiff, dass für diese beiden Qualitäten der Empfindung verschiedene Leitungsbahnen existiren, von denen nur die für die Tasteindrücke bestimmten in den Hintersträngen und die für das Schmerzgefühl bestimmten in der grauen Substanz verlaufen.

Es geriethen nach ihm die Thiere in Folge der Markdurchschneidung mit Ausnahme der Hinterstränge in den Zustand der sogenannten Analgesie; sie verriethen durch Bewegung der Ohren und Augenlider etc. die Wahrnehmung jeder leisen Berührung der hinteren Extremitäten oder auch des blosgelegten Ischiaticus-Stammes, reagirten aber nicht durch Schmerzenszeichen, wenn der leise Berührungsdruck bis zur Zerquetschung der Glieder oder des Nervenstammes gesteigert wurde. Blutverluste steigerten den Zustand.

Nach den Versuchen beider Forscher leiten die Hinterstränge die Empfindung nach vorn und eine Strecke nach hinten. Schiff sagt, dass die gegen schmerzhafte Reizung empfindlichen Fasern, welche in verschiedener Höhe in die weissen Hinterstränge eintreten, nicht im Stande sind, nach der ganzen Längenausdehnung der letzteren bis zum Gehirn zu leiten, sondern dass die Leitung, nachdem sie nur eine kurze Strecke weit den Hintersträngen gefolgt ist, den Zellen der grauen Substanz übertragen werden muss.

Die Bahnen für die Leitung der Empfindung überhaupt liegen nach Brown-Séquard in der grauen Substanz und zwar im centralen Theile derselben und nur zum geringen Theile im Vorderstrange. Die Transmission der sensiblen Eindrücke geschieht in gewissen be-

stimmten Richtungen und nicht, wie Schiff[1] behauptet, nach allen Richtungen hin. Nach Schiff liegen die Bahnen für die Leitung des Schmerzgefühls, wie schon bemerkt, in der grauen Substanz in ihrer ganzen Dicke. Er fand unveränderten Fortbestand der Schmerzempfindung der hinteren Extremitäten, wenn er sämmtliche Stränge der weissen Substanz am Brustmark durchschnitt, so dass Gehirn und Schwanztheile nur durch graue Substanz zusammenhingen. Er fand aber sogar Fortdauer der Empfindung, wenn er die graue Substanz selbst bis auf kleine Verbindungsbrücken durchschnitt und zwar war es gleichgültig, ob diese Brücken aus hinterer centraler oder vorderer grauer Substanz bestanden. Dabei war die Schmerzempfindlichkeit in allen Theilen des Hinterkörpers erhalten, gleichviel ob der leitende Rest der grauen Substanz Vorder- oder Hinterhörnern oder dem Centrum angehörte. Hieraus folgert Schiff, dass jeder beliebige Querschnitt grauer Substanz die Empfindung aller Punkte des Hinterkörpers leitet.

Nach halbseitiger Durchschneidung des Rückenmarks in der Cervicalgegend fand Schiff alle Theile hinter dem Schnitt noch empfindlich. Die operirte Körperhälfte zeigte Hyperästhesie, welche rasch ihre Höhe erreichte und sich einige Stunden bis zu drei Tagen auf derselben erhielt, um dann allmählich wieder abzunehmen; nach 1—3 Wochen war die Empfindlichkeit etwas unter die normale gesunken.

Brown-Séquard gibt aber an, dass er bei Meerschweinchen noch länger als zwei Jahre nach der

1. S. unten.

Durchschneidung der Hinterstränge eine freilich in sehr geschwächtem Grade fortdauernde Hyperästhesie beobachtet habe. Er betrachtet die Hyperästhesie und besonders diejenige, welche constant nach Trennung der Hinterstränge oder einer ganzen Markhälfte auftrat, als Folge des aufgehobenen Zusammenhanges der erwähnten Theile, während Schiff dies verwirft und sie dem Reizzustand der durchgeschnittenen Theile und zwar der Hinterstränge allein zuschreibt. Er tödtete das Thier nach dem Verschwinden der Hyperästhesie und fand die Schnittränder durchaus nicht verwachsen.

Auf der nicht verletzten Seite fand Schiff anfangs gar keine Empfindung oder nur schwache, dann steigerte sie sich schneller oder langsamer; doch blieb sie für immer stumpfer, als sie vor der Operation war. Brown-Séquard sah, dass nach Hemisection in der Höhe des 10. Rückenwirbels oder nach Ausschneidung eines ganzen Stückes dieser Hälfte, die Sensibilität in der Hinterpfote der gegenüberliegenden Körperseite beträchtlich vermindert oder vollständig verschwunden war. War die Seitenhälfte nicht vollständig durchschnitten, so folgte entweder eine unvollständige Anästhesie oder normale, selbst erhöhte Empfindlichkeit in der entgegengesetzten Körperhälfte. Nach Schiff hat die partielle Trennung einer Seitenhälfte in Betreff der Empfindung dieselben Folgen, wie die totale, wenn der Schnitt den Hinterstrang und die graue Substanz vollständig trennte.

Tastempfindung war nach ihm auf der operirten Seite verschwunden, auf der anderen aber erhalten.

Ging der Schnitt, beispielsweise auf der linken Seite, etwas über die Mittellinie hinaus, so blieben nach

Schiff die Symptome wesentlich dieselben, wie bei der Hemisection; wurde etwa drei Viertheile des Rückenmarks durchschnitten, so nahm die Hyperästhesie der operirten linken Seite ab und das Gefühl auf der entgegengesetzten Seite ward viel stumpfer. Ging der Schnitt noch weiter nach rechts, so dass nur eine äusserst schmale Lage der grauen Substanz nach rechts übrig blieb, so war auf der linken Seite immer noch Sensibilität, rechts aber war sie total aufgehoben. Hieraus schliesst Schiff, dass eine sehr schmale Schicht der am meisten nach rechts gelegenen Theile der grauen Substanz Elemente führt, welche vorzugsweise mit den sensiblen Nerven der linken Seite in leitender Verbindung stehen und umgekehrt.

Nach der Durchschneidung beider Markhälften in verschiedener Höhe, kehrte nach Schiff die Sensibilität auf beiden Seiten wieder zurück, während sie nach Brown-Séquard für immer verloren ging. Ebenso kehrte nach Schiff die Empfindung der Hinterextremitäten wieder, wenn die obere (hintere) und die untere (vordere) Markhälfte an verschiedenen Stellen durchgeschnitten wurde.

Wurde der Abschnitt des Rückenmarks, von welchem die Nerven der Hinterextremitäten entspringen, der Länge nach in der Medianlinie durchschnitten, so dass beide Seitenhälften vollständig von einander getrennt waren, so war nach Brown-Séquard die Sensibilität in beiden Extremitäten vollständig aufgehoben, obwohl die willkürliche Bewegung in ihnen erhalten blieb. Schiff konnte, wenn diese Operation gut gelungen war, die Wiederkehr der Empfindung noch deutlich nachweisen.

Brown-Séquard folgert aus seinen Experimenten und den pathologischen Beobachtungen, dass alle sensiblen Fasern oder wenigstens beinahe alle innerhalb des Rückenmarks sich kreuzen, während Schiff dieser Ansicht durchaus widerspricht, indem er sich auf die Resultate, namentlich der Durchschneidung einer Markhälfte, beruft.

Fragen wir nun, wie sich diese beiden Forscher den aus ihren Versuchen erschlossenen Modus der sensiblen Leitung erklären, so finden wir bei Schiff folgende Hypothese.

Es sind nach ihm durch vielfache Anastomosen zu einem dichten Netzwerke verbundene, allenthalben durch die graue Substanz zerstreute Ganglienzellen, welche durch einmündende hintere Wurzelfasern die Schmerzeindrücke zugeleitet erhalten und nun dieselben in sich von Zelle zu Zelle nach allen Richtungen, also auch zum Gehirn fortpflanzen. Da nach ihm diese hypothetischen Zellennetze gleichförmig in der ganzen Dicke der grauen Substanz liegen, so ist es ihm erklärlich, dass vordere wie hintere graue Substanz ganz gleich leiten, dass jede kleine Brücke derselben die Empfindung aller Punkte der hinteren Körpertheile leiten kann. Trotz der mangelnden Isolation der Leitung in der grauen Substanz ist die Lokalisation der schmerzhaften Empfindung bis zu einem gewissen Grade möglich, da diejenige Stelle der Netzwerke, welche durch die peripherischen Nervenfasern am unmittelbarsten mit einem bestimmten Körpertheile in Verbindung steht, durch den Reiz, der diesen Theil trifft, am meisten afficirt wird; sie wird in hohem Grade unterstützt durch die

mit den Empfindungen des Gemeingefühls gewöhnlich verbundenen Tasteindrücke, die durch die weissen Hinterstränge mit strenger Isolation der einzelnen Bahnen geleitet werden.

Ganz analog den Vorstellungen über die sensiblen Leitungsbahnen im Mark sind diejenigen, welche Schiff von den motorischen sich macht. Er fand die Theile, welche der Bewegung dienen, bei weitem zarter und vulnerabler als die Leiter der Empfindung, so dass jeder noch so schwache Druck oder Zerrung der ersteren ihre Funktion störten oder beeinträchtigten. Er hat bei Fröschen und in seltenen Fällen auch bei Säugethieren das ganze Mark mit Ausnahme der Vorderstränge durchschnitten und fand noch deutliche willkürliche Bewegung in den hinteren Extremitäten. Nach der Durchschneidung der Vorderstränge in der Dorsalgegend waren die Bewegungen der Hinterfüsse anfangs geschwächt, nach einigen Stunden waren sie wieder ganz normal. Die Wiederkehr der Bewegung erfolgte rascher, wenn die Vorderstränge mit Schonung der seitlichen Partien durchschnitten wurden. Brown-Séquard hat nach dieser Operation eine ausgedehnte Paralyse der Hinterextremitäten beobachtet. Nach der Durchschneidung der vorderen Markhälfte bei Katzen sah Schiff vollkommene Wiederkehr der willkürlichen Bewegung in den hinteren Extremitäten. Wurde nach dieser Operation der Rest beider Seitenstränge durchschnitten, so dauerte die Bewegung in den Hinterfüssen, obschon etwas geschwächt, noch fort. Durchschnitt er das ganze Mark mit Ausnahme der grauen Substanz oder selbst bis auf

kleine Verbindungsbrücken derselben, so konnte er doch noch Bewegung in den hinteren Theilen bemerken; und zwar war es wiederum gleichgültig, ob diese Brücken aus vorderer, centraler oder hinterer grauer Substanz bestanden. Nach der Durchschneidung einer Markhälfte hinter dem 4. Cervicalwirbel bei Hunden waren die Bewegungen beider Hinterfüsse geschwächt, auf der operirten Seite in höherem Grade. Nach einiger Zeit nahm die Beweglichkeit überall zu und das Thier konnte schliesslich auf allen Vieren frei umherlaufen. Die Adductoren der Extremitäten der operirten Seite waren nach dieser Operation bleibend geschwächt, so dass das Thier nie gerade vorwärts, sondern schief nach der gesunden Seite ging. Auch waren die Athemmuskeln des Rumpfes der verletzten Seite vollständig gelähmt. Brown-Séquard fand, dass die Durchschneidung eines Seitenstranges und fast des ganzen Vorderhorns der grauen Substanz etwa ein Zoll hinter der Medulla oblongata die willkürliche Bewegung auf dieser Seite fast ganz aufhebt. Schiff konnte dies nicht bestätigen. Durchschneidung der Vorderstränge in derselben Höhe, war nach Brown fast ohne Einfluss auf die willkürliche Bewegung. Nach ihm sind die meisten motorischen Fasern in der Cervicalgegend in den Seitensträngen, in der Brust- und Lendengegend, aber in den Vordersträngen enthalten. Ausserdem hat die graue Substanz und namentlich deren Vorderhälfte grossen Antheil an der Leitung der Willensimpulse. Er behauptet, dass die motorischen Bahnen beim Menschen sich gar nicht, bei Thieren höchstens zu einem sehr kleinen Theile kreuzen, sondern dass ihre Kreuzungen sämmtlich in dem un-

teren Theile des verlängerten Markes stattfinden. Er sah nach der longitudinalen Trennung der Medulla oblongata, wo die Pyramiden sich kreuzen, die willkürliche Bewegung auf beiden Seiten verschwinden, was aber Schiff nicht bestätigen konnte.

Wurden beide Seitenhälften des Marks in zwei von einander entfernten Punkten bis zur Mittellinie quer durchschnitten, so konnte Schiff Fortdauer der willkürlichen Bewegung noch deutlich wahrnehmen, während nach Brown-Séquard beide Hinterextremitäten gelähmt waren. Der Erfolg war nach ersterem derselbe, wenn die vordere oder hintere Markhälfte in verschiedener Höhe durchschnitten wurde.

Schiff schliesst aus seinen Versuchen, dass die Vorderstränge Bewegung in der Richtung der Längsaxe des Markes leiten und dass ausser diesen auch die graue Substanz Bewegung leitet und zwar nicht nur die vordere Hälfte derselben, sondern auch die hintere und überhaupt jeder Querschnitt; dass ferner die graue Substanz wie die sensiblen Eindrücke, so auch die motorischen Impulse nach allen Richtungen fortpflanzt.

Brown-Séquard sah zuerst bei Meerschweinchen und Schiff auch bei anderen Thieren nach verschiedenen Verletzungen des Rückenmarks die Erscheinung der sog. Hyperkinesie d. h. Convulsionen, welche sich bei ihnen von Zeit zu Zeit anscheinend spontan oder nach gewissen Reizungen einstellen und sich mehr oder weniger häufig wiederholen; diese Erscheinung trat gewöhnlich nach Wochen, manchmal aber auch nach einigen Tagen auf.

Sanders[1] hat beim Kaninchen den linken Hinterstrang in der Höhe des 3. Rückenwirbels durchschnitten und fand das linke Hinterbein vollständig gefühllos; wurde jetzt am letzten Rückenwirbel die ganze linke Markhälfte durchschnitten, so kehrte die Empfindung wieder zurück. Er stimmt darin mit Schiff überein, dass die geringste Spur Vorderhorn, welche an dem an sich nicht leitenden Vorder- oder Seitenstrange hangen bleibt, noch sensible Leitung vermittelt.

Miescher[2] hat beim Kaninchen zwischen dem letzten Brust- und 3. Lendenwirbel das ganze Mark mit Ausnahme eines Seitenstranges durchschnitten und darauf die n. n. ischiadici gereizt; diese Versuche hatten das übereinstimmende Ergebniss, dass nach erfolgter Durchschneidung die Reizung beider n. n. ischiadici nach wie vor Blutdrucksteigerung erzeugte. Wurden nun beide Seitenstränge durchschnitten, so dass die graue Substanz, Vorder- und Hinterstränge erhalten blieben, so war der Erfolg der Reizung auf Null oder auf ein Minimum reduzirt. Daraus schliesst Miescher, dass die reflektorische Blutdrucksteigerung anregenden centripetalen Bahnen der n. n. ischiadici in der Markstrecke zwischen letzter Brustwurzel und 3. Lendenwurzel ganz oder in weitüberwiegender Menge in den seitlichen weissen Markmassen der Medulla verlaufen.

Da nach Isolirung des einen Seitenstranges ganz constant Reaktion von beiden n. n. ischiadici zu erhalten

---

1. Sanders, Geleidingsbahnen in het Ruggemerg voor de gevoolsindrückken, Groningen 1866.

2. Miescher, Zur Frage der sensiblen Leitung im Rückenmark, Ber. d. sächs. Ges. der Wiss. zu Leipzig 1870, I, II, S. 404—428.

war, und zwar von den Nerven auf der Seite der Durchschneidung stärkere als auf der des erhaltenen weissen Stranges, so schliesst er ferner, dass in der obenerwähnten Rückenmarksstrecke die centripetalen Bahnen des linken n. ischiadicus der Mehrzahl nach im rechten, der Minderzahl nach im linken Seitenstrang verlaufen und umgekehrt.

Nawrocki[1] hat jenen Versuch der Durchschneidung beider Seitenstränge wiederholt und bestätigt, dass alle Fasern der n. n. ischiadici, welche auf reflektorischem Wege eine Steigerung des Blutdruckes erzeugen, innerhalb der oberen Abschnitte der Lendenwirbelsäule durch die weissen Seitenstränge hindurch nach aufwärts ziehen.

Auch Chauveau[2] und Hohn[3] haben die sensiblen Bahnen in die weissen Seitenstränge verlegt. Der Letztere hat seine Versuche an Hunden und Kaninchen angestellt und dabei Folgendes gefunden:

Nach der Hemisektion ist auf der verletzten Seite das Hinterbein meist gelähmt; die Empfindung ist erhalten oder gesteigert. Auf der anderen Seite werden die Bewegungen weniger gestört; die Empfindung wird vermindert oder geht ganz verloren.

Die Durchschneidung des Seitenstranges hat dieselben Erscheinungen zur Folge wie bei der Hemisektion.

Die Längsspaltung des Marks in der Länge von 3

---

1. Beiträge zur Frage der sensiblen Leitung im Rückenmark, Ber. d. Sächs. Ges. der Wiss. zu Leipzig 1871, S. 585—589.

2. De la moëlle épinière considérée comme voie de transmission des impressions sensitives; Compte rendu I, n° 19, 1857.

3. Einige Versuche über den Faserverlauf im Rückenmark, Würzburg 1857.

Linien zwischen 10. und 11. Brustwirbel hat das Verschwinden der Empfindung und die Beeinträchtigung der Bewegung zur Folge.

Hieraus schliesst er:

1) Der grösste Theil der motorischen Fasern kreuzt sich nicht im Rückenmark.

2) Eine gewisse Anzahl derselben kreuzt sich.

3) Der grösste Theil der sensiblen Fasern kreuzt sich im Mark.

4) Die Seitenstränge des Rückenmarks enthalten vorwiegend die leitenden Nervenfasern.

5) Die graue Substanz steht mit der Leitung der Nervenerregungen direkt nicht in Verbindung.

Woroschiloff[1] hat seine Versuche sämmtlich am letzten Brustwirbel der Kaninchen vorgenommen. Alle hierauf bezüglichen Beobachtungen wurden in dem Zeitraum von 5 Stunden angestellt, da er bemerkte, dass die Empfindung und Bewegung der Theile 24 Stunden nach der Operation keine andere sei als 5 Stunden nach derselben und da er bei noch längerem Leben der Thiere befürchtete, dass das Bild der funktionellen Störungen, welches die willkürlich gesetzte Zerstörung der Markstränge hervorgerufen hat, durch andere getrübt werde, die durch pathologische Aenderungen bedingt werden.

Nach der Durchschneidung der Hinter- und Vorderstränge und der grauen Substanz waren Bewegung und Empfindung in den Hinterextremitäten gar nicht gestört, während diejenige der beiden Seitenstränge die

---

1. Der Verlauf der motorischen und sensiblen Leitungsbahnen durch das Lendenwirbel des Kaninchens, Ber. der sächs. Ges. der Wiss. zu Leipzig 1874, III, IV, V, S. 248—304.

Lähmung der Bewegung und der Empfindung des Hinterkörpers zur Folge hatte.

Nach der Trennung der Hinterstränge, der hinteren grauen Hörner und der hinteren Commissur waren die Bewegung und Empfindung nirgends gestört, auch zeigte sich nirgends Hyperästhesie. Würde ausserdem noch das hintere Fünftel der Seitenstränge mit zerstört, so war die Streckung des Beines im Gegensatz zu der Beugung desselben etwas beeinträchtigt.

Nach der Durchschneidung des vorderen Drittels des Rückenmarks war die Leitung der motorischen Impulse vollkommen erhalten, aber die Beugebewegung war dabei etwas geschwächt.

Aus diesen Versuchen schliesst Woroschiloff, dass in den weissen Hinter- und Vordersträngen ebenso wie in der grauen Substanz keine Leitungsbahnen enthalten sind, durch welche der funktionelle Zusammenhang des Hirns mit den aus dem Rückenmark entspringenden Nerven bedingt ist; jene Theile sollen dagegen kurze Verbindungswege enthalten, durch welche die einzelnen in nächster Nähe von einander entspringenden Nervenwurzeln mit einander verknüpft sind.

Nach der Trennung des ganzen Marks mit Ausnahme eines Seitenstranges war die Hinterpfote auf der operirten Seite überempfindlich und die auf der Seite des erhaltenen Stranges unterempfindlich. Reflexbewegungen dagegen, welche von der Pfote der Hinterextremitäten in den Muskeln des Unter- und Oberschenkels hervorgerufen werden, waren auf der nicht verletzten Seite stärker als auf der anderen. Die Beweglichkeit des Hinterbeins auf der operirten Seite war in hohem Grade beeinträchtigt, so dass das

Thier beim Sitzen und Springen nur das Bein der unverletzten Seite benützte. Sie war jedoch keineswegs total aufgehoben, denn die Reizungen von der Haut der Vorderpfoten aus oder Tetanisirung der oberen Abschnitte des Halsmarkes, wenn sie stark genug waren, zogen auch das Bein der verletzten Seite in den Kreis der Bewegung hinein. Diese Erscheinungen, die nach Erhaltung nur eines Seitenstranges beobachtet wurden, waren denjenigen gleich, die nach Zerstörung eines Seitenstranges bei gleichzeitiger Erhaltung aller übrigen Marktheile sichtbar wurden.

Hieraus folgert er, dass in den Seitensträngen die sensiblen und motorischen Bahnen von den Wurzeln aus zum Hirn emporsteigen und zwar in der Art, dass der Seitenstrang einer jeden Markhälfte Reflex und Bewegung erzeugende (sensible und motorische) Bahnen für die beiden Beine führt.

Wurde das ganze Mark mit Ausnahme der hinteren Hälfte eines Seitenstranges durchschnitten, so hing das Bein der Seite, welche keinen Seitenstrangrest mehr enthielt, gelähmt herab, während sich das andere aktiv ausstreckte. Durch Reizung des ersteren liessen sich Bewegungen im Vorderkörper mit Leichtigkeit hervorrufen, während vom letzteren aus nur noch Reflex in beiden Beinen erzielt werden konnte.

Tetanisirung des Halsmarks rief kräftige Bewegung in dem Beine des Strangrestes hervor, während das andere vollkommen in Ruhe blieb.

Wurde die vordere Hälfte eines Seitenstranges allein unverletzt gelassen, so waren die Reflexe, welche von den Hinterpfoten her ausgelöst werden, ähnlich den im

Vorhergehenden geschilderten. Von den Vorderpfoten aus konnte nur das Bein auf der Seite, auf welcher noch ein Theil des Seitenstranges geblieben war, reflektorisch bewegt werden. Beim Sitzen des Thieres wurde kein Bein desselben, beim Springen aber das Bein der Seite benützt, welcher noch ein Strangrest zukam. Durch Tetanisirung des Halsmarkes gerieth das Bein auf der Seite des Strangrestes in starke Beugung und das auf der anderen Seite in schwache Streckung.

Wurde nur noch das vordere Drittel eines Seitenstranges erhalten gelassen, so waren von den Vordertheilen keine Reflexe in den Hinterbeinen mehr auszulösen, während von der Hinterpfote der Seite aus, auf welcher der Seitenstrang zerstört war, Reflexe hervorgebracht werden konnten, welche jedoch nicht durch Hyperästhesie bedingt schienen. Durch Tetanisirung des Halsmarkes wurde nur das Knie auf der Seite des Strangrestes bewegt.

Die Erscheinungen, die nach Durchschneidung der vorderen oder hinteren Hälfte des Markes auftraten, stimmten mit denjenigen überein, welche bei Erhaltung der vorderen oder hinteren Hälfte eines Seitenstranges beobachtet werden, nur mit dem Unterschied, dass im ersteren Fall sich die beiden Beine so verhielten, wie im letzteren nur das eine der Seite, auf welcher der Seitenstrangrest existirte.

Aus diesen Versuchen schliesst er weiter Folgendes:

In allen Theilen des Seitenstranges sind motorische und sensible Bahnen durchweg gemischt enthalten.

Sensible Fasern der beiden Beine sind in jedem Seitenstrang enthalten; in dem ungleichnamigen Seiten-

strang verlaufen die Fasern, welche die Muskeln des Vorderkörpers zu stärkeren Reflexen veranlassen, als diejenigen, welche in dem gleichnamigen emporsteigen (gekreuzte Hyperästhesie).

Gekreuzte Hyperästhesie entsteht nur dann, wenn das mittlere Drittel des ungleichnamigen Seitenstranges erhalten ist.

Motorische Fasern für die beiden Beine sind in jedem einzelnen der beiden Seitenstränge vorhanden. Durch Reizung des Vorderkörpers können Reflexe nur in dem Beine ausgelöst werden, auf dessen Seite mindestens ein Theil des Seitenstranges und zwar die vordere Hälfte desselben erhalten ist.

Die motorischen Bahnen, durch welche die Bewegungen der Beine coordinirt werden, sind im mittleren Drittel der Seitenstränge enthalten.

Die oben erwähnte Hyperästhesie erklärt Woroschiloff dadurch, dass die nicht gekreuzten Fasern eine erhöhte Wirksamkeit im Gehirn gewinnen, dass also ein hemmender Einfluss von Seiten der gegenüberliegenden Fasern in Folge ihrer Trennung hinwegfällt, während, wie schon erwähnt, Brown-Séquard diese Erscheinung vom aufgehobenen Zusammenhang der Marktheile und Schiff von einer Erregbarkeitsänderung, welche von der Durchschnittstelle ausgeht, ableiten. Nach Woroschiloff wird Hyperästhesie, welche durch Verletzung eines Seitenstranges erzeugt wurde, durch eine gleiche Verletzung des anderen aufgehoben, während sie Brown-Séquard bei Fröschen und Säugethieren nach der Durchschneidung beider Hinterstränge beobachtete.

Wurde die innere Hälfte des mittleren Drittels der Seitenstränge durchschnitten, so gingen die Befähigung coordinirte Bewegungen zu übertragen und zugleich das Vermögen, die allzu grosse Empfindlichkeit der sensiblen Nerven niederzuhalten, verloren. Nach der Durchschneidung der Mitte des mittleren Drittels, waren die Muskeln des Oberschenkels, nach derjenigen des äusseren, die Muskeln des Unterschenkels und des Fusses gelähmt.

Daraus folgert Woroschiloff, dass in dem inneren Drittel der Seitenstränge jene centripetalleitenden Hemmungsfasern und die Bahnen für die coordinirten Bewegungen, in der Mitte derselben aber diejenigen für die Muskeln des Oberschenkels und in dem seitlichen Umfang derselben die des Unterschenkels und des Fusses enthalten sind.

Er nimmt ferner an, dass derselbe Muskel oder dieselbe Hautoberfläche schon innerhalb des Rückenmarks auf verschiedenen Stellen ihre Vertretung findet, da er grössere Stücke des Seitenstranges sowohl in der Richtung von oben nach unten als auch von rechts nach links entfernen konnte, ohne dass die Funktionen der sensiblen und motorischen Theile des Beines litten, trotzdem dass sich der sensible und motorische Charakter der entfernten Stücke sicher nachweisen lässt.

Piccolo und Santi Sirena[1] haben mehrere Durchschneidungsversuche am Rückenmarke des Hundes und Kaninchens angestellt. Die Operationen wurden fast alle

1. Sulle ferite del Midollo spinale, Palermo 1876; citirt nach den Schmidt'schen Jahrbüchern 1878, B. 177, S. 197.

subcutan mit Tenotom ausgeführt. Die Resultate, die sie hierbei gewonnen haben, sind etwa folgende:

1) Nach Durchschneidung der Hinterstränge und hinteren Hörner der grauen Substanz bleibt Tast- und Schmerzempfindung ungestört, auch Motilität bleibt ungehindert.

2) Bei den Hunden mit unverletzten Hintersträngen, aber Zerstörung fast aller anderen Stränge und vollkommener Continuitätstrennung der grauen Substanz, verschwindet Tast- und Schmerzempfindung in den vom peripherischen Stumpfe innervirten Organen, woraus folgt, dass die Hinterstränge weder die Leiter des Tastsinnes noch der Schmerzempfindung sind.

3) Die Paralyse, welche sich nach Durchschneidung der hinteren Hälfte des Markes einstellt, geht meist theilweise, zuweilen ganz zurück.

4) Die Bewegung in paraplegischen und anästhetischen Gliedern stellen sich theilweise wieder her in allen Fällen, in welchen ein kleiner Theil der Vorderstränge oder der vorderen Seitenstränge, wenn auch sklerosirt, geschont bleibt.

5) Die der Trennung der vorderen Hälfte des Markes folgende Paraplegie bessert sich allmählich wieder und verschwindet zuletzt. Diese Thatsache lässt annehmen, dass die Vorder- und Seitenstränge des Markes sich gegenseitig substituiren, so dass in Fällen, in denen Vorderstränge und vordere Seitenstränge zerstört wurden, von den hinteren Seitensträngen, nach einigen Wochen, die Vermittelung der Bewegung übernommen wird und auch vice versa.

6) Bei Verletzung eines oder beider Seitenstränge

in der Lumbargegend war nach erfolgter Vernarbung keine Veränderung in den Bewegungen der Hinterbeine wahrzunehmen.

7) Bei analogen Verletzungen in der Cervicalgegend stellte sich die Bewegung des Thorax und der Hinterbeine wieder her, woraus geschlossen wird, dass die Seitenstränge der Cervicalgegend keinen besonderen Einfluss auf die Athembewegungen haben und dass in der Cervical- und in der Lumbargegend ihre Funktionen von den Vordersträngen übernommen werden, wie sie ihrerseits die der Vorderstränge ersetzen können.

8) Bei Hunden war absolute Unbeweglichkeit der correspondirenden Hinterbeine die Folge der vollständigen Trennung einer Seitenhälfte des Markes in der Lumbargegend; daraus folgt, dass der willkürliche Bewegungsimpuls in der Lumbargegend einen direkten Weg verfolgt, während in der Dorsalgegend eine theilweise Kreuzung für die willkürlichen Bewegungsreize stattfindet.

9) Bei vollkommenen oder unvollkommenen Halbschnitten in der Cervical- und Dorsalgegend des Markes erhielt sich nicht allein die Sensibilität der unterhalb der Verletzung liegenden gleichnamigen Organe, sondern erhöhte sich sogar; niemals folgte vollständige Anästhesie der entgegengesetzten Seite, deren Empfindung manchmal vermindert, meist aber normal war. Im Gegentheil folgte bei Halbschnitten des Rückenmarks mit Zerstörung der centralen grauen Substanz der entgegengesetzten Seite (bei Hunden in der Lumbargegend) keine Hyperästhesie, wohl aber Schwächung der Sensibilität im Hinterbein der verletzten Seite bei Erhal-

tung derselben im entgegengesetzten Beine. Dies beweist, dass die Empfindungsreize nach dem Gehirn nicht durch präexistirende Bahnen in der grauen Substanz, die sich mehr oder weniger vollständig kreuzen, fortgeführt werden, sondern dass bei Unterbrechung auf einer Seite der Commissur die graue Substanz der anderen die Empfindungsreize fortleitet.

10) Nach totaler oder theilweiser Trennung des Marks in der Lumbargegend folgte keine Störung der Funktionen in Rectum, Uterus und Vagina, selten zeitweilige Urinincontinenz.

11) Verletzung der grauen Substanz bewirkte nach Heilung der Wunde nie Störung der Motilität. Doch folgte sogleich solchen Verletzungen, ihrem Grade gemäss, grössere oder geringere Anästhesie oder Verminderung der Sensibilität. Die Heilung trat mehr oder weniger schnell ein und zwar im Verhältnisse zur geschonten Quantität der grauen Substanz. Nach Continuitätstrennung der centralen Portion der grauen Substanz kehrte bei Vernarbung der Wunde die Empfindung vollständig zurück, während sich im Gegentheil, wenn die Verbindung beider Stümpfe nur durch kleine Ueberreste der Hörner vermittelt wurde, dieselbe nur theilweise wieder einstellte. Doch blieb sie im letztern Fall selbst bei noch so kleinen und manchmal sklerosirten Ueberbleibseln nie ganz aus. Nur bei vollkommener Trennung der grauen Substanz verschwand die Empfindung.

12) Bei allen diesen Untersuchungen, selbst bei Thieren welche die Operation 5 Monate überlebten, konnte nicht einmal Reproduktion der Nervensubstanz constatirt werden.

Weiss[1] hat bei Hunden mehrere Durchschneidungsversuche zwischen letztem Brust- und erstem Lendenwirbel angestellt.

Unmittelbar nach der Hemisection war Sensibilität und Motilität auf beiden Seiten fast vollständig verloren. Nach 1—2 Stunden stellte sich eine mehr oder weniger vollständige Beweglichkeit des Beins auf der unverletzten Seite ein, während das Bein auf der Seite der Hemisection sich als vollständig gelähmt erwies, so dass es bei Bewegung des Thieres in Knie- und Hüftgelenk gestreckt und dabei stark adducirt nachgeschleppt wurde. Die Sensibilität an den Hinterbeinen erwies sich stets beiderseits gleich, jedoch war sie allenthalben gegenüber der an den Vorderbeinen nachweisbaren etwas herabgesunken. In ähnlicher Weise verhielten sich die Reflexe. Zu keiner Zeit wurde Hyperästhesie an dem gelähmten Beine beobachtet. Allmählich stellte sich die willkürliche Bewegung an dem früher gelähmten Beine wieder her, so dass es sich bei combinirten Bewegungen des Thieres activ betheiligte. In manchen Fällen wurde die Beweglichkeit im Laufe von 3—4 Wochen so weit hergestellt, dass es manchmal schwer wurde, zu entscheiden, welche der beiden unteren Extremitäten die beweglichere sei. In Bezug auf die Sensibilität und Reflexerregbarkeit an den unteren Extremitäten trat keine weitere Veränderung ein.

Nach Durchschneidung des ganzen Markes mit Ausnahme des linken Seitenstranges und der äussersten

---

1. Ueber die Leitungsbahnen im Rückenmark des Hundes. Sitzb. d. k. Acad. der Wiss. zu Wien, B. LXXX, III. Abth.

Partie des linken Vorderstranges stellte sich die Empfindung und die willkürliche Bewegung beider Hinterextremitäten wieder her.

Hieraus schliesst Weiss, dass je ein Seitenstrang sensible und motorische Bahnen für beide Körperhälften enthält. Er nimmt ferner an, dass die sensiblen Bahnen wahrscheinlich gleichartig, die motorischen hingegen ungleichartig vertheilt sind, dass je ein Seitenstrang für die gleichnamige Körperhälfte die Hauptmasse derjenigen willkürlichen Nervenbahnen führt, deren sich das Thier de norma bedient, dass in ihm ausserdem noch Bahnen für die entgegengesetzte Körperhälfte enthalten sind, die zu einer willkürlichen Bewegung nicht ausreichen und erst hierzu im Laufe von 1—2 Wochen ausgebildet werden. (Collaterale Innervation.)

Nach der halbseitigen Durchschneidung des Marks an zwei verschiedenen Stellen (rechts zwischen Brust und Lendenwirbelsäule, links um einen Wirbel höher) trat vollständige Lähmung mit Anästhesie an den Hinterextremitäten ein und dabei auch Blasen- und Mastdarmlähmung. Diese Erscheinungen persistirten in einem Falle 15, im zweiten 6 Tage lang.

Aehnlich verhielt sich die Durchschneidung des ganzen Marks mit Ausnahme der Vorderstränge und der grauen Substanz. Also trotz der Erhaltung der Vorderstränge und der grauen Axe waren die beiden Leitungen aufgehoben.

Wurde das Rückenmark an drei verschiedenen Stellen durchschnitten und zwar an einer Stelle die Hinterstränge, an der zweiten der linke und an der dritten der rechte Seitenstrang, so ging die Sensibilität und

Motilität an den untern Extremitäten ebenfalls verloren.

Daraufhin sagt Weiss, mit Woroschiloff, dass auch beim Hunde die einzigen bis jetzt sicher nachgewiesenen Bahnen für die Motilität und Sensibilität in den Seitensträngen liegen, dass das Experiment bis jetzt weder eine Leitung der Willensimpulse durch die Vorderstränge noch auch eine centrifugale oder centripetale Leitung durch die graue Substanz zu erweisen im Stande war.

Hiermit habe ich, soweit mir bekannt, die wichtigsten Versuche, welche bisher bei Thieren gemacht worden sind, und die auf die meinigen Bezug haben, darzustellen versucht. Schliesslich seien noch einige pathologische Fälle erwähnt.

1)[1] Ein 59 Jahre alter Mann wurde im Jahre 1840 durch ein schneidendes Instrument am Nacken verwundet. Er fiel nach hinten über auf die rechte Seite. Ins Krankenhaus gebracht, klagte er über keinen Schmerz, sondern nur über ein Gefühl von Taubheit in der rechten Seite. Am andern Tage klagte er über Schwere in dem rechten Arm und Empfindung von Ameisenkriechen in der rechten Hand. Er konnte indess, wenn auch mit Mühe, den rechten Arm bewegen. Dagegen vermochte er absolut keine Bewegung mit dem rechten Beine auszuführen. Die Empfindung war überall erhalten. Die vegetativen Funktionen waren vollständig normal. Der Mann starb bereits nach sieben Tagen.

1. Mémoires et Observations von P. A. Longet, aus d. Arch. gén. de méd., Paris 1841, 3. Ser., T. XI, S. 140.

Bei der Section fand sich die abgebrochene Spitze eines Messers zwischen VI. und VII. Halswirbel vor, durch welche das Halsmark rechterseits von dem Ursprung der hinteren Wurzeln an bis zum Sulcus median. ant. durchtrennt war. Es war also der rechte Vorderstrang und der grösste Theil des rechten Seitenstrangs durchschnitten; der Hinterstrang war ganz unversehrt geblieben.

2)[1] Eine 21jährige Magd wurde im Jahre 1867 in den Rücken gestochen. Sie fiel sofort zusammen und war unvermögend, sich wieder zu erheben. Der herbeigeholte Arzt fand klares Bewusstsein, mässige Blutung aus der Wunde und vollkommene Lähmung der linken unteren Extremität. Ausser Schmerzen in der gelähmten Extremität klagte die Kranke besonders über den gürtelförmigen zusammenschnürenden Schmerz um die untere Partie der Brust. In der Höhe des 4. Brustwirbels waren zwei Querwunden, daumenbreit von der Mittellinie entfernt, die eine unterhalb der andern schief von rechts nach links in die Tiefe dringend. Beide oberen Extremitäten waren frei beweglich, die linke Bauchmuskulatur dagegen gelähmt. Oberflächliche Berührung wurde vom 4. Intercostalraume an nach abwärts nicht wahrgenommen, dagegen waren intensive Reize (Druck, Stoss, Kälte) linkerseits sehr empfindlich und die Kranke gab an, lebhaftes Stechen an der betreffenden Stelle zu empfinden. Rechterseits wurden auch intensive Reize nicht gefühlt. Abends traten Schmerzparoxismen in

1. W. Müller, Beiträge zur patholog. Anatomie und Physiologie des menschl. Rückenmarks, Leipzig 1871.

der gelähmten Hälfte ein. Am 2. Tage blieben die Lähmungserscheinungen dieselben. Die Muskulatur der linken unteren Extremität und der linken Bauchwand reagirte auf den elektrischen Strom gar nicht. Dagegen wurde ein unbedeutender Strom schon sehr schmerzhaft empfunden. Umgekehrt rechts, wo die Muskeln sofort auf elektrische Reizung sich contrahirten, dagegen ein ziemlich starker Strom gar nicht empfunden wurde. Am 6. Tage war die rechte Seite auch deutlich gelähmt. Anästhesie wie früher. Am 8. Tage liess die Hyperästhesie etwas nach und die Lähmung der rechten Seite ging etwas zurück.

An den folgenden Tagen stellten sich zunehmende Abmagerung und Schwäche und Decubitus, namentlich am rechten Kreuz, ein. Die Hyperästhesie schwand allmählich und machte einer vollständigen Anästhesie Platz. Auch rechterseits entstand vom 4. Intercostalraum abwärts complete Lähmung. Tod am 44. Tage.

Die Section zeigte, dass ein 1 cm breites, mit der Schneide median-, mit dem Rücken lateralwärts gerichtetes Stück einer Messerklinge in der Wunde stecken geblieben war, durch welches die ganze linke Rückenmarkshälfte unterhalb des 3. Dorsalnervenpaares durchtrennt und auch der rechte Hinterstrang mitgetroffen worden war.

3)[1] Einem 19 Jahre alten Mann wurde im Jahre 1875 von hinten her in den Nacken gestossen. Zwischen 2. und 3. Proc. spin. dors. fand sich in der Haut etwas nach rechts von der Mittellinie eine kleine Wunde.

---

1. R. Weiss, Langenbecks Arch. f. Clin. Chir., XXI, S. 226.

6 Stunden nach der Verwundung antwortete der Patient klar und deutlich und war in vollem Besitz des Gedächtnisses.

Motilität: die rechte Schulter kann er nicht in die Höhe ziehen, wohl aber die linke. Beim Athmen bleibt die rechte Thoraxmuskulatur schlaff. Der rechte Arm vollständig paralytisch. Die linke Schulter und die linken Finger etwas beweglich. Das rechte Bein absolut paralytisch, das linke vollständig normal. Sensibilität: reissendes Stirnkopfweh, ein ähnliches Schmerzgefühl in der rechten Schulter. Absolute Anästhesie der linken Körperhälfte unterhalb der verletzten Stelle. Im rechten Bein wurde selbst ganz leise Berührung als stechender Schmerz empfunden. Dieselbe Hyperalgesie in der linken Hälfte des Abdomens. Auf der rechten Brusthälfte und am rechten Arm unterschied er die einzelnen zur Prüfung angewandten Reize gut, sogar ganz leise Berührung. Links erhöhter Reflex. Nach 10 Stunden konnte der Patient den linken Arm ein klein wenig bewegen. Am nächsten Tage wurde der linke Arm besser beweglich, dagegen die Hyperalgesie der rechten Körperhälfte geringer. Am 4. Tage war das rechte Zwerchfell gelähmt, das linke Bein auch sehr schwach. Am 5. Tage war das linke Bein ganz paralytisch und es trat der Tod ein.

Uebersichtshalber lasse ich hier eine Tabelle folgen, worin die wichtigen Ergebnisse der verschiedenen Durchschneidungsversuche aufgezeichnet sind, obwohl hieraus kein direkter Schluss gezogen werden darf, da die Er-

scheinungen bei verschiedenen Thieren und bei verschiedenen Stellen der Durchschneidung und ferner nach verschiedener Zeit der Beobachtung sehr verschieden ausfallen.

Erklärung der Verkürzungen:

M = Motilität unverändert.
m = » vermindert.
-M = » verschwunden.
S = Sensibilität unverändert.
s = » vermindert.
-S = » verschwunden.
T = Tastempfindung erhalten.
-T = » verschwunden.
H = Hyperästhesie.
-H = Keine Hyperästhesie.

Namen der Autoren.	Durc				
	der vorderen Stränge.	der hinteren Stränge.	einer Seitenhälfte		der beide Seiten hälften versch dene Höhe
			verletzte Seite.	un-verletzte Seite.	
v. Deen	m. S.	M. s.	-M. S.	M. S.	-M. S
Stilling	M. S.	M. S.	M. S.	M. S.	M. S
Bezold	—	—	m. H.	M. s.	—
v. Kempen	—	—	m. S.	m. s.	—
Eigenbrodt	—	—	-M. S.	m. s.	-M.
Türck	M. S.	M. S.	m. H.	M. -S.	—
Schiff	M. S.	M. -T. H.	m. H. -T.	M. s.	m.
Brown-Séquard	m. s.	M. H.	-M. H.	M. -S.	-M.
Hohn	—	—	-M. H.	m. -S.	-
Woroschiloff	M. S.	M. -H. S.	m. H.	M. s.	-
N. Weiss	—	—	M. -H. s.	M. s.	-M.
Piccolo & Santi Sirena	—	M. T. S.	M. H.	M. S.	·
Longet	—	—	—	—	·
R. Weiss	—	—	-M. H.	M. -S.	
Müller	—	—	-M. H.	m. -S.	

hneidung								
r ren fte.	der hinteren Hälfte.	des ganzen Markes mit Ausnahme der vorderen Stränge.	des ganzen Markes mit Ausnahme der hinteren Stränge.	des Marks in zwei Seitenhälften		des einen Seitenstranges		der grauen Substanz.
				theilweise.	d. ganzen Länge nach.	verletzte Seite.	unverletzte Seite.	
I.	-S.	M. -S.	-M. S.	—	—	—	—	M. s.
I.	-S.	-M. -S.	-M. -S.	M. S.	m. s.	—	—	-M. -S.
—	—	—	—	m. s.	-M. -S.	—	—	—
—	—	—	—	m.	—	—	—	—
-	s.	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	m. H.	M. -S.	M. S.
S.	m. s.	m. -S. -T.	T. -S.	s.	—	m. S.	M. S.	—
—	—	m. s.	-M. -S.	M. -S.	—	—	—	—
—	—	—	—	m. -S.	—	-M. H.	M. -S.	—
s.	m. s.	—	—	—	—	m. H.	M. s.	M. S.
—	—	-M. -S.	—	—	—	M. -H. s.	M. s.	M. -H. S.
I.	m. T. H.	m.	-T. -S.	—	—	M. H.	M. S.	M. -S.
—	—	—	—	—	—	-M. S.	M. S.	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—

Dies sind ungefähr die Ansichten, welche die verschiedenen Forscher in Bezug auf eine der wichtigsten Fragen der Physiologie aufgestellt haben. Man kann schon aus der Verschiedenheit der gefundenen Resultate, die sich häufig geradezu widersprechen, entnehmen, dass es sich um eine äusserst schwierige Frage handelt, deren definitive Beantwortung wohl noch in weiter Ferne liegt. Ich habe, aufgefordert von meinem hochgeehrten Lehrer, Prof. Goltz, dem ich meinen besten Dank für seine ausgedehnte Unterstützung bei dieser Arbeit auch an dieser Stelle ausspreche, den Versuch gemacht, der Lösung dieser Frage näher zu treten.

Zu diesem Zwecke wurden hauptsächlich junge Hunde, womöglich weiblichen Geschlechtes[1], verwendet und im Ganzen an mehr als 30 Hunden und mehreren Kaninchen, Ratten und Fröschen verschiedene Durchschneidungen des Rückenmarks vorgenommen.

Zum Behufe der Operation wurde das Thier mit dem Rücken nach oben auf dem Tisch befestigt und stets chloroformirt. Nachdem zwei Schnitte längs eines Theils der Wirbelsäule bis auf den Knochen über den Ansatz des Querfortsatzes gemacht waren, konnten je nach dem Bedarf 2—3 Dorsalfortsätze mit einer Zange abgeknippen und mittelst eines kleinen Trepans die Bogen des Wirbels durchbohrt werden. Von dieser Oeffnung aus wurden darauf mit einer papageischnabelförmigen Zange die Seitentheile des Bogens weggebrochen, bis die gewünschte Grösse des Loches erreicht war. Dann wurde

1. Der Vorzug der weiblichen besteht darin, dass die Hautfläche weniger durch Harn beschmutzt wird als beim männlichen und dadurch zur Verbreitung des Decubitus weniger Veranlassung gegeben wird.

die freiliegende Dura mater mit einer spitzen Pincette in die Höhe gehoben und zugleich mit der Arachnoidea mit einer feinen und scharfen Scheere quer aufgespalten. Hierdurch kommt eine ziemlich stark angefüllte Vene zum Vorschein, welche die hintere Medianfurche kennzeichnet. Sollten nun die Hinterstränge und überhaupt die mittleren Theile des Markes durchschnitten werden, so bediente ich mich eines doppelschneidigen Messers. Zur halbseitigen Durchschneidung des Markes wurde ein schmales Lappenmesser nach v. Gräfe in die hintere Medianfurche eingestochen und bald nach der einen, bald nach der andern Seite ausgestochen, je nachdem ich eine rechts- oder eine linksseitige Hemisection vornehmen wollte.

Bei dem letzten Verfahren kam es häufig zu starker Blutung, indem die Vene an der Wand des Wirbelkanals verletzt wurde. Ausserdem kam es zuweilen vor, dass die Messerspitze nicht genau der Wand entlang glitt und ein kleiner Theil des Vorder- oder Seitenstranges unverletzt blieb. Aus diesem Grunde wurde eine andere Methode eingeschlagen, welche darin bestand, dass statt sofort nach Blosslegung des Markes mit dem Messer einzustechen, vorher zwischen vorderer Fläche des Wirbelkanals und vorderer Fläche des Marks eine gekrümmte Nadel mit rundem Knopf eingeschoben und das Rückenmark ein wenig aus seinem Kanal herausgehoben wurde.

Dieses Operationsverfahren führte sowohl betreffs der Vollständigkeit der Durchschneidung als der Geringfügigkeit der Blutung zu dem gewünschten Resultate.

Nach sorgfältiger Reinigung der Wunde wurden die Ränder der Haut mittelst Knopfnaht vereinigt.

Die Sensibilitäts- und Bewegungsäusserungen wurden selten sogleich nach vorgenommener Verletzung des Markes untersucht, meistens erst nach Verlauf einiger Tage, ja, wenn es anging, mehrerer Wochen und Monate, wenn sich die Erscheinungen nicht mehr wesentlich veränderten und die Rückkehr der Funktionen ihren Höhepunkt erreicht hatte. Erstens kann eine allzu genaue und allzu oft wiederholte Prüfung am Anfang nur das Thier ermüden und seiner vollständigen Erholung schaden. Zweitens sind die Reizungserscheinungen eines jeden Schnittes in Centraltheilen stets so bedeutend, dass es am Anfang nicht möglich ist, festzustellen, welche Funktionen nach dieser oder jener Verletzung verloren gegangen und welche noch erhalten sind. Häufig geht z. B. die willkürliche Bewegung der Hinterbeine bei Hunden nach Durchschneidung der Hinterstränge oder einer Seitenhälfte des Markes verloren, während sich dieselbe schon nach ein paar Tagen oder Wochen vollkommen wieder herstellt. Auch hatte ich bei Herrn Prof. Goltz vielfach Gelegenheit gehabt, zu beobachten, dass bei Hunden, denen der eine oder andere Theil der Grosshirnrinde abgetragen wurde, anfangs sich bedeutende Störungen verschiedener Funktionen einstellten, um nach einigen Wochen grösstentheils wieder zu verschwinden.

Man würde nur unsichere und trügerische Resultate erhalten, wenn man aus dem, auch noch so constant, sogleich nach der Operation beobachteten Wegfall gewisser Lebensäusserungen auf die Funktionen der ver-

letzten Theile schliessen wollte. Diese Art der Schlussfolgerung könnte neben ungeeigneter Operationsmethode den Grund zu manchen Widersprüchen enthalten, welche über die Physiologie der einzelnen Theile des Rückenmarks herrschen.

Ein Einwand, der gegen dieses Verfahren erhoben werden könnte, ist der, dass die beabsichtigte Ausdehnung des Schnittes nicht immer mit derjenigen zusammenfallen könnte, die das Mark in der That erlitten hat und dass die verletzten Theile sich nach so langer Zeit wieder hergestellt haben und dadurch die genaue Erkenntniss des Umfangs der ursprünglichen Verletzung unmöglich werden könnte. Hiergegen muss ich aber einwenden, dass man wohl im Stande ist, durch die mikroskopische Untersuchung nach dem Tode die verletzten Theile von den geschonten zu unterscheiden, und dass die Reproduktion der Nervensubstanz, wie wir später sehen werden, auch nach so langer Zeit nicht stattfindet.

Zur Ermittelung der noch vorhandenen Leitungsfähigkeit bediente ich mich der Erregung sensibler Flächen (Stechen, Kneifen, Einklemmen der Haut etc.) unter Beobachtung der hierdurch ausgelösten Bewegungen und ferner des Verhaltens der Gliedmassen beim Sitzen, Laufen, Springen u. s. w. Dass durch ein vorhandenes Fragment des Markes Empfindungseindrücke, die den hinter dem Schnitte gelegenen Körperabschnitt treffen, noch auf den vorderen übergeleitet werden können, habe ich dann angenommen, wenn eine sensible Reizung der Haut des Hinterkörpers jedesmal eine entsprechende Bewegungsreihe, Schreien, Fluchtversuch etc., hervor-

rief. Und wenn das Thier den Kopf jedesmal nach der Seite umdrehte, wo die Reizung stattfand oder gar bei zugebundenen Augen die Ursache des Reizes zu entfernen suchte, so habe ich daraus geschlossen, dass das Thier noch im Stande ist, die Empfindung zu lokalisiren.

Auf die Leitung von Bewegungsimpulsen schloss ich, wenn Anregungen des Vorderkörpers Bewegungen des Vorder- und Hinterkörpers gleichzeitig hervorriefen und diese Bewegungen beider Körperabschnitte mit einander im Einklang standen. Im Falle, wo das Thier nicht im Stande war, solche geordnete Bewegungen auszuführen, habe ich dennoch die Leitung des Bewegungsimpulses angenommen, wenn das Krauen der rechten oder linken Ohrgegend mit meinen Fingern einen Kratzreflex im entsprechenden Hinterbeine hervorrief.

Liess sich nun an den Thieren nach verschiedenen Verletzungen keine weitere Besserung der Sensibilität und Motilität konstatiren, so wurden dieselben getödtet. Bevor aber dies geschah, wurden in manchen Fällen intensivere Prüfungsmittel angewandt, die sich mit dem Leben der Thiere nicht vertragen, und deshalb früher nicht gebraucht werden konnten, wie z. B. direkte elektrische Reizung des Ischiadicus und des Halsmarkes etc. Schliesslich wurde die Section vorgenommen und das sorgfältig herausgenommene Rückenmark in einer geeigneten Flüssigkeit zu späteren genaueren Untersuchungen aufbewahrt.

In manchen Fällen trat jedoch spontan der letale Ausgang ein. Die meisten aber konnten durch längere Zeit (bis 46 Wochen[1]) am Leben erhalten werden.

1. S. Vers. IX.

Nach dieser kurzen Darstellung meiner Versuchsmethode gehe ich nun zur Besprechung einzelner Versuche über.

I. Durchschneidung der Rückenmarkshälften in verschiedener Höhe.

Versuch I.

Am 17. Juni 1879 wurde einem zweijährigen Hunde (Hündin) zwischen dem letzten Brust- und dem ersten Lendenwirbel linkerseits das Rückenmark hemisecirt. Gleich nach der Operation sind beide Hinterextremitäten gelähmt. 2 Stunden später ist das linke Hinterbein noch vollkommen gelähmt und am Knie- und Fussgelenk gestreckt. Das rechte Hinterbein dagegen kann er willkürlich bewegen; auch kann er, wenn auch nur kurze Zeit, auf drei Beinen stehen; das linke Bein ist dabei gestreckt und adducirt. Beim Sitzen hält er die rechte hintere Extremität normal gebeugt, die linke liegt dabei gestreckt. Sechs Stunden nach der Operation kann er auf allen vier Beinen stehen und einige Schritte gehen. Das linke Hinterbein scheint dabei nur passiv betheiligt zu sein. Die Sensibilität ist auf beiden Seiten verschwunden.

18. Juni. Er geht schwankend mit den beiden vorderen Beinen und dem rechten Hinterbein; das linke Hinterbein wird nachgeschleppt. Die beiden Hinterbeine sind empfindungslos. Den Schwanz kann er wie ein gesunder Hund bewegen. Die Temperatur des linken

Hinterbeins beträgt zwischen den Zehen gemessen 39,6°, die des rechten 24,0° und die der vorderen 23,4° C.

21. Juni. Die Temperatur des linken Hinterbeins beträgt 27,0°, die des rechten 24,9° und die der vorderen 23,7° C. Am rechten Hinterbein und dem Schwanz ist eine Spur der Empfindung bemerkbar. Beim Gehen knicken die Zehen der hinteren Extremitäten um, besonders die des linken Beines.

23. Juni. Zuweilen gelingt es, durch Kratzen der linken Halsgegend den Kratzreflex des linken Hinterbeins auszulösen. Auf der rechten Seite gelingt dies jedesmal; hierbei steht er auf beiden Vorderbeinen und dem linken Hinterbeine; doch scheint das letztere leicht zu ermüden, denn das Becken sinkt nach kurzer Zeit tiefer herab.

24. Juni. Die Empfindlichkeit ist an beiden Hinterextremitäten wiedergekehrt; sie ist aber noch sehr unter der Norm und zwar ist sie links geringer als rechts. Beim Drücken oder Kneifen des rechten Hinterbeins dreht er den Kopf jedesmal nach derselben Seite. Auch am linken gelingt dies zuweilen, doch sind hierzu stärkere Reize nöthig als an dem rechten.

26. Juni. Die Motilität des linken Hinterbeins bessert sich zusehends. Die Zehen werden nicht mehr beim Stehen oder Gehen umgekippt. Er hat heute die beiden Vorderbeine auf den Rand seines 85 cm hohen Kastens gesetzt.

28. Juni. Die Temperatur der Extremitäten zeigt keinen grossen Unterschied mehr.

1. Juli. Die Beweglichkeit beider Hinterbeine ist fast vollkommen normal, doch lässt das linke Hinterbein

beim längeren Umherlaufen eine geringe Abnormität bemerken, indem dieses Bein nicht so ausgiebig und schnell bewegt wird, wie das rechte. Die Sensibilität ist beiderseits noch immer herabgesetzt, am linken jedoch mehr als am rechten.

5. Juli. Die Wunde am Rücken ist bis auf eine kleine Fistel geheilt.

12. Juli. Das Kratzen mit den Hinterbeinen, welches seit einigen Tagen bestand, hat etwas nachgelassen. Rechts am Rücken von der 6. Rippe an bis zur 12. Rippe ist eine kahle Stelle zu sehen, die durch das fortwährende Kratzen entstanden ist. Auch an der linken Seite des Bauches sieht man eine ähnliche Stelle. Beim Gehen zieht er die beiden Hinterbeine, namentlich das linke, etwas höher als ein normaler Hund. Er kann jetzt auf einen Stuhl springen; man sieht dabei, dass das linke Hinterbein während des Sprunges am Rande des Stuhles schleift.

Heute rief Druck auf die Hinterbeine und den Schwanz Schmerzensäusserungen hervor, was bis jetzt nicht bemerkt worden war.

30. Juli. Das Lokalisationsvermögen des Thieres ist bei Reizungen des rechten Hinterbeines fast eben so gut wie bei Reizungen der Vorderbeine. Am linken Hinterbein ist dasselbe noch unvollkommen.

Beim Auf- und Absteigen der Treppen schleifen die Zehen des linken Hinterbeins am Rande der Stufen. Sonst verhält sich das Thier ganz wie ein unverletzter Hund.

10. Oktober. Die Beweglichkeit beider Hinterbeine ist ganz wie am unverletzten Hunde. Die Schmerz-

empfindlichkeit der Hinterbeine ist beiderseits ziemlich gleich, verglichen mit der der Vorderbeine jedoch etwas herabgesetzt.

Die Lokalisation der Reize am rechten Hinterbeine geschieht viel rascher und exakter als am linken.

24. Oktober. Heute wird, da sich keine weitere Veränderung an dem Thiere konstatiren lässt, eine zweite Operation vorgenommen, und zwar wird das Mark zwischen 8. und 9. Brustwirbel auf der rechten Seite hemisecirt. 6 Stunden nach der Operation stützt er sich beim Sitzen nur auf die Vorderbeine. Beide Hinterbeine sind gelähmt und gefühllos. Die Temperatur der Extremitäten verhält sich ähnlich wie nach der ersten Operation, d. h. die der Hinterbeine ist viel höher als die der vorderen und zwar wiederum auf der operirten Seite um einige Grade höher als auf der anderen.

27. Oktober. Die beiden Hinterbeine liegen gewöhnlich gestreckt und bleiben meist in der einmal gegebenen Stellung. Doch hat er heute das linke Hinterbein ein wenig bewegt.

30. Oktober. Auch an dem rechten Hüftgelenk sind schon einige Beuge- und Streckbewegungen bemerkbar. Die Wunde heilt gut.

3. November. Das linke Hinterbein ist besser beweglich als das rechte; beide sind gewöhnlich gestreckt und an den Bauch angezogen. Die Sensibilität der beiden Hinterbeine ist gleich null. Wenn man das Thier aus dem Kasten aufhebt, so bewegen sich die beiden Hinterbeine taktmässig abwechselnd auf und nieder, gerade wie bei einem Thier mit quer durchschnittenem Mark (Pendelbewegung).

6. November. Die Pendelbewegung ist jetzt auffallend. Heute stand er kurze Zeit auf allen vier Beinen; das Becken stand dabei etwas tiefer als der Vorderkörper.

10. November. Er setzte heute die beiden Vorderbeine auf den Rand seines 85 cm hohen Kastens, während die beiden Hinterbeine das ganze Körpergewicht trugen.

15. November. Er kann einige Schritte taumelnd gehen. Das rechte Hinterbein ist schwächer als das linke.

21. November. Am linken Hinterbein scheint eine Spur der Empfindung wiedergekehrt zu sein.

28. November. Er geht ziemlich sicher. Wenn er aber schnell läuft, kann man noch an beiden Hinterbeinen Abnormitäten der Bewegungen bemerken. Auch am rechten Hinterbeine und dem Schwanz ist die geringe Schmerzempfindlichkeit wieder hergestellt.

9. Dezember. Beim Gehen knicken die Zehen der Hinterbeine, besonders die des rechten, noch manchmal um. Er lokalisirt die Reize an beiden Hinterbeinen, aber links schneller und exakter als rechts.

18. Dezember. Die Beweglichkeit der beiden Hinterbeine ist soweit hergestellt, dass es schwer halten möchte, ihn bei langsamem Gehen von einem gesunden Hunde zu unterscheiden. Beim raschen Laufen dagegen schwankt er zuweilen. Auch sieht man manchmal das Umkippen der rechten Zehen. Die Sensibilität beider Hinterbeine ist ziemlich gleich; sie ist aber gegenüber derjenigen der Vorderbeine bedeutend herabgesetzt.

2. Januar 1880. Seit einiger Zeit magert er stark ab,

trotz eines sehr grossen Appetites. Die Beine sind schwächer als früher. Er kann nicht mehr in die Höhe springen.

3. Februar. Da er bedeutend abgemagert ist und sonst keine weitere Veränderung zu konstatiren ist, wird er heute getödtet.

Die Autopsie zeigte, dass der erste Schnitt die ganze linke Markhälfte, mit Ausnahme eines winzigen Theiles des Vorderstranges, und dass der zweite nicht nur die ganze rechte Seitenhälfte, sondern auch die andere Markhälfte zum Theil durchschnitten hatte. (S. Fig. 1[1].)

An beiden Stellen waren die Schnittränder durch Narbengewebe innig verwachsen. Es konnte aber nirgends eine Spur von Reproduction einer neuen Nervensubstanz bei der mikroskopischen Untersuchung nachgewiesen werden.

Betrachten wir diesen Fall, so ergiebt sich Folgendes:

Nach dem ersten Halbschnitt kehrt die Motilität vollkommen wieder. Die Sensibilität bleibt dagegen etwas unter die Norm herabgesunken, insbesondere die der operirten Seite.

Nach dem zweiten Halbschnitt wird die Motilität ziemlich wieder hergestellt.

Die Empfindung ist hingegen beiderseits etwas beeinträchtigt.

Versuch II.

Am 11. Oktober 1880 wurde einem jungen Hunde das Rückenmark zwischen dem letzten Brust- und dem

1. In der Tafel bezeichnet C. Cervical-, D. Dorsal- und L. Lendenwirbel, l. linke und r. rechte Seite, und v. vordere und h. hintere Markhälfte.

ersten Lendenwirbel linkerseits hemisecirt und zwar etwas über die Mittellinie hinaus. 6 Stunden nach der Operation sind beide hintere Extremitäten gelähmt und gefühllos. Die Temperatur der Hinterbeine verhält sich wie nach der ersten Hemisection bei Versuch I.

12. Oktober. Das rechte Hinterbein wird ein wenig bewegt.

15. Oktober. Beim Sitzen hält das Thier die linke hintere Extremität gestreckt, ebenso beim Stehen auf beiden Vorderbeinen und dem rechten Hinterbeine. Die Wunde heilt sehr rasch.

17. Oktober. Das linke Hinterbein wird ein wenig bewegt. Mit Hülfe der beiden Vorderbeine und des rechten Hinterbeins kann das Thier einige Schritte gehen, fällt aber gleich um. Das linke wird nachgeschleppt. Es wedelt mit dem Schwanz.

20. Oktober. Das Thier steht auf allen vier Beinen.

22. Oktober. Die Wunde ist beinahe vernarbt. Das Thier kann taumelnd einige Schritte gehen.

26. Oktober. Das Thier geht ziemlich sicher. Beim Laufen schwankt der Hinterkörper etwas hin und her. Es winselt beim Kneifen des rechten Hinterbeins und des Schwanzes; am linken Hinterbeine ruft derselbe Reiz nur Reflexe aber keine Schmerzensäusserung hervor. Die Wunde ist fast ganz vernarbt.

29. Oktober. Auch am linken Hinterbein wird die Schmerzempfindung wahrgenommen; rechts wird die Empfindung schon lokalisirt. Beim Gehen wird das linke Hinterbein etwas unsicher bewegt, auch wird es etwas höher gehoben als das rechte.

3. November. Das Thier geht, läuft und springt ganz

lebhaft. Doch kann man am linken Hinterbein eine Irregularität der Bewegungen wahrnehmen, indem derselbe auf dem glatten Boden häufig ausgleitet.

7. November. Beim Laufen lässt das Thier sehr häufig eine kleine Portion Urin.

12. November. Wenn man das Thier auf einen Tisch setzt, in dessen Platte eine kleine Fallthür angebracht ist[1], und mit dem einen oder anderen Vorderbein auf der Fallthür stehen lässt und hierauf die Versenkung langsam öffnet, so zieht es das Bein sofort herauf, während das rechte Hinterbein unter gleichen Umständen viel später und das linke gar nicht herausgezogen wird. Ein Beweis, dass die beiden Hinterextremitäten, insbesondere die linke, eine herabgesetzte Empfindung haben.

18. November. Die Beweglichkeit des linken Hinterbeins ist ziemlich normal geworden.

4. Dezember. Das Thier läuft und springt ganz wie ein unversehrter Hund.

Es ist fast unmöglich, zu unterscheiden, welches von den beiden Hinterbeinen das beweglichere sei. Betreffs der Empfindung kann man sich leicht überzeugen, dass das linke Hinterbein eine noch immer herabgesetzte Empfindung hat, indem die Klemme, welche daran gehängt wird, entweder gar nicht oder viel später als am rechten Hinterbein vom Thier bemerkt und entfernt wird.

6. Dezember. Heute wurde das Mark zum zweiten Mal, und zwar rechterseits, auf der Höhe des neunten Brustwirbels hemisecirt.

---

1. Vergleiche Goltz, über die Verrichtungen des Grosshirns, Bonn 1881, S. 87.

7. Dezember. Die beiden Hinterbeine sind vollständig gelähmt.

11. Dezember. Decubitus ist an der Umgebung der Scheide und des Afters ausgebrochen.

17. Dezember. Der Decubitus verbreitert sich bis zur Hüft- und Gesässgegend. Beim Emporheben des Thiers sieht man schwache Pendelbewegung der Hinterextremitäten.

23. Januar 1881. Bis jetzt ist weder die Sensibilität noch die willkürliche Bewegung wieder hergestellt.

14. Februar. Die beiden Hinterbeine werden willkürlich etwas bewegt.

15. März. Der Decubitus an der linken Hüft- und Gesässgegend ist erst jetzt vollständig geheilt. Die beiden Hinterbeine werden jetzt willkürlich bewegt. Das Thier kann aber weder selbständig stehen noch gehen. Auch die Empfindung konnte bis jetzt am Hinterkörper nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden. Die Reizung der beiden Ischiadici ruft keine merkliche Blutdrucksteigerung hervor. Unmittelbar nach diesem Versuch wird das Thier getödtet.

Die Section ergab, dass die beiden Schnitte, wie beabsichtigt, etwas über die Mitte hinausgingen. An der ersten Schnittstelle waren die Schnittränder zwar verwachsen, aber nur lose, so dass sie beim Herausnehmen des Marks auseinander klafften. Die losgerissene Fläche sieht graubräunlich aus. An der zweiten Schnittstelle sind die Schnittenden fest verwachsen und sehen etwas gräulich aus.

Die mikroskopische Untersuchung zeigte Folgendes: An der ersten Operationsstelle waren die ganze linke

Markhälfte und ausserdem ein Theil des rechten Hinter- und Vorderstranges und der rechten grauen Substanz durchschnitten.

An der zweiten Stelle waren der linke Seitenstrang und ein Theil des linken Hinterstranges unversehrt geblieben. (Siehe Fig. 2.)

Die Erscheinungen nach dem ersten Halbschnitte stimmen, trotzdem hier die Verletzung weit über die Mittellinie hinausgegangen war, ziemlich mit denjenigen des Versuchs I nach dem ersten Schnitt überein. Nach dem zweiten Schnitt kehrte zwar die Motilität zum Theil, die Sensibilität hingegen gar nicht zurück.

Versuch III.

Am 7. März 1881 wurde einem mittelgrossen Pudel das Mark am 1. Lendenwirbel rechterseits hemisecirt. Auch diesmal wurde das Messer, um sicher zu sein, dass die rechte Markhälfte vollständig durchschnitten werde, etwas über die Mittellinie hinaus eingestochen. 2 Stunden später wird das linke hintere Bein etwas bewegt. Das rechte liegt schlaff gestreckt und bewegungslos. Die Temperatur der Gliedmassen verhält sich wie in den frühern Fällen.

8. März. Er steht auf den beiden Vorderbeinen und dem linken Hinterbein.

11. März. Er steht auf allen Vieren. Auch das rechte Hinterbein ist aktiv daran betheiligt.

13. März. Heute wedelt er mit dem Schwanz.

25. März. Er geht auf allen vier Beinen; doch wird das rechte Hinterbein etwas nachgeschleppt. Die Sen-

sibilität ist an beiden Hinterbeinen noch nicht nachweisbar.

5. April. Die Wunde ist geheilt. Am linken Hinterbeine ist die Empfindung wieder hergestellt.

7. April. Auch am rechten ist eine Spur der Empfindung nachzuweisen. Er geht und läuft ziemlich sicher.

20. April. Wenn man die Augen des Thieres verbindet und ihm die Zehen des linken Hinterbeins zusammendrückt, so dreht es den Kopf nach der entsprechenden Seite um, während dies rechts erst bei stärkerem Druck stattfindet.

3. Mai. Wenn man ein Fleischstück hoch in der Luft hält und das Thier emporspringen lässt, so passirt es manchmal, dass es beim Niederspringen nach rechts umfällt oder mit dem rechten Hinterbeine ausgleitet. Man sieht daraus, dass das rechte Hinterbein noch nicht ganz sicher bewegt wird, trotzdem das Thier gut gehen und laufen kann. Die Empfindung am linken Hinterbein ist ziemlich normal, am rechten ist sie noch etwas herabgesunken. Wenn man nämlich das Thier auf den Rand eines Tisches stellt und das linke Hinterbein heruntergleiten lässt, so zieht es dasselbe sofort wieder herauf, während es das rechte unter gleichen Umständen ruhig herabhängen lässt oder erst viel später heraufzieht.

Die Temperatur der Extremitäten ist ziemlich gleich geworden, indem die des rechten Hinterbeins 38,1°, die des linken 37,9° und die der vorderen 38° C. beträgt.

9. Mai. Heute wurde das Rückenmark des Hundes zum zweiten Male und zwar auf der Höhe des achten

Brustwirbels linkerseits hemisecirt. Nachmittags 5 Uhr: Die Temperatur des linken Hinterbeins = 38°, die des rechten = 33,5°, die der vorderen Beine = 21° C.

12. Mai. Temperatur des linken Hinterbeins = 31,5°, die des rechten = 20,0° C.

14. Mai. Die beiden Hinterbeine werden bewegt.

17. Mai. Das Thier steht auf allen vier Extremitäten und macht taumelnd einige Schritte.

31. Mai. Er geht besser. Die Wunde am Rücken ist vollkommen geheilt. Die Temperatur des linken Hinterbeins = 34,6°, die des rechten = 35,4°, die der vorderen = 35,9° C.

24. Juni. Beim Gehen lässt er sehr oft kleine Portionen Urin. Beim Laufen schwankt er mit dem Hinterkörper hin und her. Doch kann er in seinen 85 cm hohen Kasten leicht hineinspringen. Das rechte Hinterbein wird besser bewegt als das linke.

29. Juni. Am rechten Hinterbein ist die Empfindung deutlich nachzuweisen. Dagegen am linken ist sie noch nicht mit Sicherheit nachweisbar. Das Thier wird heute getödtet.

Die Section ergab, dass der erste Schnitt etwas über die Mitte hinausging. Der zweite Schnitt ging nicht ganz bis zur Mitte des Markes.

Die mikroskopische Untersuchung bestätigte den mokroskopischen Befund. Der zweite Schnitt liess den linken Vorderstrang fast ganz intakt. (Siehe Fig. 3.)

Auch in diesem Fall ergibt es sich, dass die Motilität nach dem ersten Schnitt ziemlich vollständig und die Sensibilität auf der operirten Seite nur zum Theil wieder hergestellt wird. Nach dem zweiten Schnitt, wo

die Markhälfte nur zum Theil durchtrennt war, kehrte merkwürdigerweise nicht nur die Empfindung, sondern auch die Motilität nur unvollkommen wieder zurück.

Versuch IV.

Am 26. Mai 1880 wurde an einem jungen Hunde (Hündin) das Mark in der Höhe des XI. Brustwirbels rechterseits hemisecirt. 6 Stunden nach der Operation ist das rechte Hinterbein total gelähmt, mit dem linken macht er geringe Bewegungen. Beim Anrufen wedelt er mit dem Schwanz.

27. Mai. Er steht auf allen vier Extremitäten. Er wedelt mit dem Schwanz wie ein unverletzter Hund.

29. Mai. Das linke Hinterbein kann er willkürlich gut bewegen; das rechte ist noch sehr schwach. Beide scheinen noch gar keine Empfindung zu haben.

5. Juni. Berührt man leise das linke Hinterbein, so zieht er's sofort weg; ebenso beim Kneifen desselben. Das rechte zieht er nur bei starkem Druck fort.

7. Juni. Die Wunde ist beinahe geheilt. Er steht und geht auf allen Vieren. Doch ist das rechte Hinterbein noch schwach und die Zehen desselben knicken sehr oft um.

11. Juni. Hängt man an den Hinterbeinen eine starke Klemme an, so sucht er links sofort und rechts etwas später dieselbe zu entfernen. Er lokalisirt also die Reize beiderseits. Das rechte Bein wird immer noch etwas nachgeschleppt; die Zehen knicken aber nur selten um.

16. Juni. Er läuft recht gut und springt ziemlich

hoch. Das rechte Hinterbein wird nicht mehr nachgeschleppt.

17. Juni. Heute wird das Rückenmark zum zweiten Male und zwar linkerseits zwischen 8. und 9. Brustwirbel hemisecirt.

18. Juni. Beide Hinterbeine sind noch gelähmt.

22. Juni. Anfang von Decubitus an der Schwanz-, After- und Kreuzgegend.

29. Juni. Kein Reflex und keine Empfindung an den Hinterbeinen. Der Decubitus verbreitert sich immer weiter.

1. Juli. Er stirbt am Abend augenscheinlich in Folge des sehr ausgedehnten Decubitus.

Die nachfolgende mokroskopische und mikroskopische Untersuchung ergab, dass der erste Schnitt einen kleinen Theil des rechten Vorderstranges unverletzt liess, dass dagegen der zweite Schnitt ausser der ganzen linken Markhälfte noch einen Theil der gegenüberliegenden (rechten) Markhälfte mitverletzte. (Siehe Fig. 4.) An beiden Stellen waren die Schnittränder durch Narbengewebe verwachsen; es konnte aber keine Spur der Regeneration der Nervenfasern nachgewiesen werden.

Auch in diesem Versuche stimmen die Erscheinungen nach dem ersten Halbschnitte im Wesentlichen mit denjenigen überein, welche bei Versuch I, II und III nach den entsprechenden Verletzungen beobachtet worden sind.

Versuch V.

Am 24. Juli 1879 wurde einem jungen Hunde (Hündin) die rechte Hälfte des Markes zwischen dem

letzten Brust- und ersten Lendenwirbel durchschnitten. Gleich nach dem Erwachen aus der Chloroformnarkose kann er auf beiden Vorderbeinen und dem linken Hinterbein stehen. Das rechte Hinterbein steht gestreckt und adducirt etwas über den Boden. Die Temperatur der Hinterbeine ist dem Gefühl nach bedeutend höher als die der Vorderbeine.

25. Juli. Das rechte Hinterbein ist gestreckt und gefühllos. Das linke kann er willkürlich bewegen. Die Empfindung des linken Hinterbeins ist gegen die der Vorderbeine bedeutend herabgesetzt. Rechts ist keine Spur derselben vorhanden.

28. Juli. Das rechte Hinterbein kann er auch etwas bewegen. Beim Stehen stützt er sich auch auf dasselbe. Auf Druck oder Stich erfolgt reflektorisches Strecken desselben, aber keine Schmerzensäusserung.

30. Juli. Er geht auf allen vier Extremitäten, schwankt aber noch hin und her; dabei sieht man, dass das rechte Hinterbein viel schwächer ist als das linke. Die Zehen des ersteren knicken um. Die Rückenwunde heilt rasch zu.

5. August. Auch am rechten Hinterbein ist die Empfindung wiedergekehrt. Sie ist jedoch viel stumpfer als die des linken und der Vorderbeine.

10. August. Er geht und läuft ganz wie ein unversehrter Hund. Nur bei Auf- und Niedergehen der Treppen schleifen manchmal die rechten Zehen am Rand der Stufen.

3. September. Die Motilität der beiden Hinterbeine ist vollkommen hergestellt. Auch die Sensibilität ist so weit wieder normal, dass die Reize, welche die Hinter-

beine treffen, richtig lokalisirt werden. Doch geschieht dies rechts später und erst bei stärkerem Reiz als links.

25. September. Die Empfindung beider Hinterbeine zeigt keinen merklichen Unterschied mehr; sie scheint jedoch gegenüber der an den Vorderbeinen nachweisbaren etwas herabgesetzt zu sein.

10. Oktober. Zweite Operation an demselben Hunde. Etwa 4—5 Wirbel höher als die erste Stelle wird linkerseits wieder eine Hemisection ausgeführt. 6 Stunden nach der Operation sind beide Hinterbeine gelähmt. Auf Reize tritt kein Reflex ein.

13. Oktober. Temperatur an den Vorderbeinen = 24,1°, am linken Hinterbein = 35,4°, am rechten = 31,6° C.

21. Oktober. Er steht auf allen Vieren.

23. Oktober. Er setzt beide Vorderbeine auf den Rand seines 85 cm hohen Kastens; geht taumelnd. Das linke Hinterbein wird dabei nachgeschleppt.

25. Oktober. Er läuft ganz rasch; die Zehen des linken Beines werden aber dabei umgeknickt.

27. Oktober. Er ist heute aus seinem Kasten herausgesprungen. Eine Spur der Empfindung am rechten Hinterbeine bereits nachweisbar. Zwischen Vorder- und Hinterbeinen kein Temperaturunterschied mehr.

10. November. Die Wunde ist fast ganz vernarbt. Heute scheint auch das linke Hinterbein etwas zu empfinden.

21. November. Die Motilität der Hinterbeine ist soweit hergestellt, dass sich sein Gang nicht von dem eines gesunden Hundes unterscheidet; sowie er aber

herumgejagt wird, tritt die Unregelmässigkeit des Ganges hervor und zwar besonders am linken Hinterbein. Am rechten Beine lokalisirt er die Empfindung, indem er die an demselben hängende Klemme oder den umgewickelten Draht zu entfernen sucht. Am linken Beine scheint er zwar geringen Schmerz zu empfinden, sucht aber nicht die Ursache desselben zu entfernen oder demselben zu entfliehen. Bei diesem Versuch tritt fast jedesmal reflektorisches Urinlassen ein.

1. Dezember. Die Empfindung beider Hinterbeine ist ziemlich gleich; sie ist aber noch immer merklich unter der Norm. Die Bewegung derselben unterscheidet sich hingegen nicht mehr von derjenigen der Vorderbeine. Nach der zweiten Operation wedelte er nicht mit dem Schwanz, was höchst merkwürdigerweise nach der dritten Operation wieder auftrat.

5. Dezember. Heute wird er zum dritten Male hemisecirt und zwar rechterseits wiederum drei Wirbel höher als das zweite Mal.

6. Dezember. Beide Hinterbeine sind gelähmt und unempfindlich. Keine Reflexe an ihnen hervorzurufen.

12. Dezember. Beim Aufheben am Vorderkörper pendeln die Hinterbeine sehr lebhaft auf und nieder.

14. Dezember. Die Rückenwunde schliesst sich allmälig zu. Dagegen sind an den Hinterbacken, am Schwanz und am Unterleib grosse Decubitusgeschwüre ausgebrochen. Sonst gutes Wohlbefinden.

25. Dezember. Die Rückenwunde ist ganz vernarbt. Der Decubitus verbreitet sich nicht mehr. Das Pendeln mit den Hinterbeinen dauert noch immer fort. Er steht

auf drei Beinen; das rechte Hinterbein scheint noch sehr schwach zu sein.

14. Januar 1880. Er steht ganz fest auf allen vier Beinen. Beim Versuch, Schritte zu thun, fällt er aber gleich um. Merkwürdigerweise wedelte er beim Anrufen mit dem Schwanze, wozu er, wie oben bemerkt, nach der zweiten Operation nie gebracht werden konnte. Die Empfindung wird absichtlich nicht geprüft, um bei dem bestehenden Decubitus alle Hautreize möglichst zu vermeiden. Derselbe ist übrigens viel kleiner geworden.

25. Januar. Er geht ein paar Schritte vorwärts, fällt aber bald nach rechts, bald links um. Die Reflexerregbarkeit ist sehr gesteigert. Der Decubitus ist ganz geheilt.

6. Februar. Kratzt man an der linken oder rechten Halsgegend, so macht er Kratzbewegungen mit dem Beine der entsprechenden Seite. Ein Zeichen, dass der Bewegungsimpuls vom Kopf aus bis zu den Muskeln des Hinterkörpers hindurch gelangen kann.

13. Februar. Eine Spur von Empfindlichkeit scheint an beiden Hinterbeinen wieder hergestellt zu sein.

2. März. Da bis jetzt keine weitere Besserung eintrat, wird er heute getödtet. Die allerstärksten Hautreize, sowie die Tetanisirung des blosgelegten Ischiadicusstammes rief keine Schmerzensäusserung hervor. Bei der Tetanisirung des Halsmarkes trat am Vorderkörper Tetanus auf, während die Hinterbeine ganz ruhig blieben. Wurde jetzt das Lendenmark gereizt, so wurden die beiden Hinterbeine tetanisch ausgestreckt.

Herr Prof. v. Recklinghausen hatte die grosse Güte, das herausgenommene Mark zu untersuchen, wofür ich

ihm meinen besten Dank hier ausspreche. Er war auch so freundlich, mir seinen Befund in die Feder zu diktiren, so dass ich im Stande bin, denselben hier nach seinen eigenen Worten mittheilen zu können:

«I. Schnittstelle (unterste und rechte). Hinten und vorn nur auf der rechten Seite, namentlich hinten eine Adhäsion etwa von der Breite einer Nervenwurzel. Dieselbe lässt sich vorn durch energisches Ziehen leicht abtrennen. Die nach hinten gelegene Adhäsion bleibt vollkommen bestehen. Dieselbe ist höchstens 2 mm lang und zieht die Rückenmarkssubstanz etwas gegen die Dura heran. Aussen ist hier das Fettgewebe mit der Dura fest verwachsen. Wenn das Rückenmark glatt gestreckt wird, so zeigt sich rechts eine cirkuläre Einsenkung, welche namentlich auf der hinteren Seite stark ausgesprochen ist. Die Substanz sieht hier durchscheinend und gelblich aus.

II. Schnittstelle (mittlere und linke). Die Adhäsion nach hinten zu ist viel ausgedehnter und stärker als an der ersten Stelle; sie fängt 1 mm unter der Nervenwurzel an und hat eine Länge von 5 mm. Die Verwachsung ist hier sehr innig und reicht nach vorn über die vordere Nervenwurzel hinaus, ohne sie zu afficiren. Vorn ist die Adhäsion kurz, kaum zu lösen. Das Rückenmark ist hier stark eingesunken. Ohne Hülfe eines Schneideinstruments fällt die Rückenmarkssubstanz heraus. Am Grunde der auf diese Weise entstandenen Grube tritt weisse Rückenmarkssubstanz zu Tage, anscheinend ganz unverändert und scheint mit einer piaähnlichen dünnen Lage bedeckt zu sein. Die Lücke in dem Rückenmark hat oben und unten steil-

abfallende Ränder, 2 mm hoch; ganz in der Tiefe sieht man noch eine klaffende Lücke, welche in den Centralkanal einmündet. Die emporgehobene Masse hängt hinten mit dem Seitenstrange zusammen. Dieselbe ist durchscheinendes, neugebildetes Bindegewebe, welches durch eine querverlaufende Lücke in der Dura hindurch in das ausserhalb der Dura gelegene Bindegewebe übergeht, aber so, dass diese Lücke durch das Narbengewebe vollständig geschlossen ist.

Die linke Rückenmarkshälfte zeigt Verminderung des Volumens, keine Veränderung an Pia und Dura.

III. Schnittstelle (oberste und rechte). Auf der hinteren Seite ist das Narbengewebe mit dem durchscheinenden Fettgewebe gemischt. Pia und Dura leicht adhärent. Schon vor ihrer Spaltung mit der Scheere zeigt die Dura eine cirkulärlaufende Rinne, namentlich an der vorderen Seite, welche dadurch zu Stand kommt, dass sie sich in eine analog verlaufende Rinne des Rückenmarks selbst eingesenkt hat. Bei der Oeffnung der Dura sieht man daher eine cirkuläre Verschmälerung des Rückenmarks, namentlich an der rechten Seite. An dieser Stelle ist Pia und Dura mit dem Rückenmark verwachsen. Diese cirkuläre Adhäsion ist 6 mm unter der Nervenwurzel gelegen; die Zacken des Lig. lentic. liegen ausserhalb der Adhäsion. Die verschmälerte Stelle sieht graugelblich aus. Beim Einschnitt in diese Stelle von vorn her zeigt sich, dass eine periphere Schicht von weisser Substanz vorhanden ist, höchstens ¼ mm dick, während das innere durch eine durchscheinende, theils braune, theils gelbliche Substanz ausgefüllt wird.

Die mikroskopische Untersuchung nach der Härtung des Marks ergibt Folgendes:

I. Schnitt traf rechts den Hinter- und Seitenstrang und die grauen Hörner; der vordere Strang blieb ziemlich intakt.

II. Schnitt traf links Hinter- und Seitenstrang und den grössten Theil der grauen Substanz. Der Vorderstrang ist zum Theil erhalten.

III. Schnitt der rechte Hinter- und Seitenstrang sind vollständig durchschnitten. Der rechte Vorderstrang blieb wahrscheinlich[1] zum Theil erhalten. (Siehe Fig. 5.)

Oberhalb der obersten Schnittstelle bis zum Halsmark hinauf Atrophie eines grossen Theils der Fasern und zwar

a. der Goll'schen Stränge;

b. der peripherischen Theile der hinteren Seitenstränge (Kleinhirnseitenstrangbahnen, Flechsig).

Unterhalb der untersten Schnittstelle sehr geringe Atrophie des linken hinteren Seitenstranges (Kleinhirnseitenstrangbahn).

Oberhalb und unterhalb ist der Centralkanal etwas dilatirt; ebenso zwischen den Durchschnittstellen.

Zwischen der obersten und mittleren Schnittstelle sind atrophirt:

a. die rechte Kleinhirnseitenstrangbahn;

b. die beiden Goll'schen Stränge;

---

1. Es waren bereits zum Zwecke der anderweitigen Untersuchung Schnitte gemacht worden, so dass später nicht mehr mit aller Sicherheit der Antheil des vorderen Stranges an dem Schnitt constatirt werden konnte.

c. die linke Pyramidenseitenstrangbahn; diese Affektion geht etwas in den vorderen Seitenstrang hinein. Auch zwischen der mittleren und untersten Schnittstelle sind die Goll'schen Stränge und Kleinhirnseitenstrangbahnen atrophirt.

An allen Durchschnittstellen zum Theil straffes, sogar derbes glänzendes Bindegewebe, vielfach durchsetzt von Hohlräumen. Die Bindegewebeszüge nach der Dura zu vielfach durchsetzt von kleinen polygonalen Endothelzellen; letztere sind zum Theil in conzentrischen Schichten angeordnet. Um die Hohlräume ist das Bindegewebe sehr locker, hauptsächlich aus längsverlaufenden Fibrillen zusammengesetzt. Nach dem Rückenmark zu treten Nervenfasern und namentlich Körnchenkugeln auf. Aber nirgends lässt sich nach allen möglichen Finctionen etwas erblicken, was auf eine neugebildete Faser hindeutet.

Es wurden zu dieser Untersuchung wesentlich Längsschnitte gemacht. Auf allen zeigt sich Unterbrechung der Faserungen durch das Narbengewebe; die anstossenden Nervenfasern sind degenerirt; sie lösen sich in einzelne Bündel auf, die in dem Narbengewebe inseriren und keineswegs von oben nach unten durch das Narbengewebe continuirlich zu verfolgen sind.»

Betrachten wir diesen interessanten Fall, wo an einem Rückenmark dreimaliger Halbschnitt ausgeführt wurde, so sehen wir, dass die Erscheinungen nach der ersten und zweiten Operation im wesentlichen mit denjenigen der Versuche I und III übereinstimmen, indem sich die Motilität fast vollkommen und die Sensibilität zwar nicht vollständig, so doch in augenscheinlicher Weise

wieder herstellten. Nach der dritten Verletzung[1] kehrte die Beweglichkeit nur unvollkommen, die Empfindung fast gar nicht wieder zurück.

Beachtenswerth ist hierbei der Umstand, dass die Regeneration der Nervensubstanz nach mehr als 31 Wochen nicht erfolgt ist.

Versuch VI.

Am 22. April 1881 wurde einem mittelgrossen Hunde das Rückenmark zwischen 1. und 2. Lendenwirbel linkerseits hemisecirt. Zwei Stunden nach der Operation steht er schon auf beiden Vorderbeinen und dem rechten Hinterbeine; das linke Hinterbein hält er etwas gebeugt über dem Boden. Beim Liegen ist das letztere gestreckt. Die Temperatur der Vorderbeine = 33°, die des rechten Hinterbeins = 34,5°, und die des linken = 36,2° C.

23. April. Steht auf allen Vieren; auch wedelt er mit dem Schwanz. Beim Liegen ist das linke Hinterbein etwas gebeugt. Die Temperatur: Vorderbeine = 22,0°, das rechte = 24,0°, das linke Hinterbein = 35,5° C.

27. April. Heute kann er einige Schritte machen.

2. Mai. Die Wunde ist nahezu geheilt. Er geht jetzt sicher, doch wird dabei das linke Hinterbein noch etwas nachgeschleppt.

Die Temperatur der beiden Hinterextremitäten ist ziemlich gleich geworden, indem die des linken 34,1°

1. Bei Froschen gelang es mir unschwer nachzuweisen, dass die Sensibilität und Motilität der Hinterpfote nach dreimaligen Hemisectionen an verschiedener Höhe des Markes schon nach einigen Stunden bis Tagen vollständig hergestellt waren.

und die des rechten 33,9° beträgt; die der Vorderpfoten beträgt 29,2° C.

4. Mai. Wenn er schnell läuft, so knicken die Zehen des linken Hinterbeins um. Drückt man die Zehen des rechten Hinterbeins stark zusammen, so winselt er, links aber bleibt derselbe Eingriff ohne Erfolg.

14. Mai. Auch am linken Hinterbeine ist die Empfindung wiedergekehrt.

20. Mai. Die Abnormität der Bewegung des linken Hinterbeins lässt sich jetzt schwer erkennen. Stellt man aber den Hund an den Rand eines Tisches und lässt die Hinterbeine abwechselnd heruntergleiten, so zieht er das rechte Hinterbein etwas früher und leichter hinauf als das linke. Die am linken Hinterbeine angehängte starke Papierklemme macht ihm zwar geringen Schmerz; er findet sie aber nicht, während sie rechts sofort entfernt wird.

28. Mai. Die Klemme am linken Hinterbeine sucht er nicht zu entfernen. Tritt man aber auf die Zehen desselben auf, so beisst er darnach, indem er stark schreit.

2. Juni. Zum zweiten Male und zwar rechterseits zwischen 9. und 10. Brustwirbel hemisecirt.

3. Juni. Die beiden Hinterbeine sind gelähmt und gefühllos. Die Temperatur des rechten Hinterbeines ist etwas höher als die des linken und diese wiederum höher als die der Vorderbeine.

13. Juni. Das linke Hinterbein wird etwas bewegt.

15. Juni. Auch das rechte wird etwas bewegt.

25. Juni. Die Wunde ist beinahe zugeheilt. Er steht und geht auf allen vier Beinen; doch fällt er nach

einigen Schritten bald nach links, bald nach rechts um. Er wedelt einige Mal beim Anrufen. Beim Gehen spritzt er wiederholt kleine Portionen Urin aus. Die Empfindung im Hinterkörper konnte bis jetzt nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden.

4. Juli. Er geht und wedelt besser.

20. Juli. Bindet man seine Augen zu und drückt die Zehen der Hinterbeine oder die Spitze des Schwanzes stark zusammen, so winselt er zwar jedesmal, doch beisst er nicht nach dem Beobachter.

29. Juli. Er geht und läuft etwas taumelnd. Das rechte Hinterbein wird etwas nachgeschleppt; die Zehen desselben werden zuweilen umgeknickt. Er wird heute getödtet. Die Reizung des Halsmarkes ruft keinen Tetanus der Hinterbeine hervor.

Die Section ergab, dass der 1. Schnitt den linken Hinter- und Seitenstrang und den grössten Theil des linken Vorderstrangs durchschnitten hat.

Der 2. Schnitt traf die ganze rechte Markhälfte und ging etwas über die Mittellinie hinaus in die linke Hälfte über. (Siehe Fig. 6.)

Auch dieser Fall beweist, dass die erste Hemisection auf die Empfindung und Bewegung der Hinterbeine fast gar keinen Einfluss hat. Nach der zweiten Hemisection stellte sich die Leitung in den Bewegungs- und Empfindungsbahnen nur mangelhaft wieder her.

Versuch VII.

Am 9. Oktober 1880 wurde einem jungen Hunde das Rückenmark in der Höhe des letzten Brustwirbels

linkerseits hemisecirt. 7 Stunden nach der Operation ist das linke Hinterbein vollständig gelähmt und empfindungslos. Das rechte Hinterbein wird etwas bewegt.

11. Oktober. Er steht auf die beiden Vorderpfoten und dem rechten Hinterbeine.

13. Oktober. Das linke wird zwar etwas bewegt, ist aber noch sehr schwach.

14. Oktober. Er kann jetzt auf allen vier Beinen stehen.

26. Oktober. Er geht taumelnd. Das linke Hinterbein wird etwas nachgeschleppt.

29. Oktober. Die Wunde ist beinahe geheilt.

3. Dezember. Am rechten Hinterbein und Schwanz ist eine Spur der Empfindung wiedergekehrt. Das linke Hinterbein ist noch immer gefühllos.

7. Dezember. Am rechten Hinterbein lokalisirt er starke Reize, indem er beim Auftreten auf die Zehen den Kopf nach der entsprechenden Seite dreht. Eben so verfährt er nach Quetschung des Schwanzes.

15. Dezember. Er geht und läuft ziemlich sicher. Das linke Hinterbein wird aber nicht so ausgiebig bewegt wie das rechte.

4. Januar 1881. Wenn er langsam geht, so kann man an beiden Hinterbeinen keine Abnormität bemerken. Sobald er aber schnell läuft, gleitet er auf dem glatten Boden mit dem linken Hinterbeine aus. Wird eine Klemme am Schwanz oder am rechten Hinterbein angebracht, so winselt er und dreht den Kopf nach ihr um, sucht sie aber nicht zu entfernen. Auch die am linken Hinterbeine angehängte Klemme ruft das Winseln hervor. Er dreht aber seinen Kopf nicht nach der ent-

sprechenden Seite um. Also ist auch am linken Hinterbeine die Empfindung wiedergekehrt.

18. Februar. Da das Thier keine weitere Veränderung zeigt, wird es heute zum zweiten Male operirt und zwar auf der Höhe des 6. Brustwirbels rechts hemisecirt. Beim Trepaniren des Wirbelbogens wurde das Mark stark gequetscht.

10. März. Bis jetzt wurde kein Zeichen der Bewegung und Empfindung bemerkt.

13. März. Der Hund wurde heute getödtet.

Die Section ergab, dass an der ersten Schnittstelle die äussere Partie des rechten Hinterstranges und der rechte hintere Seitenstrang unversehrt blieb.

An der zweiten Stelle war nur die vordere Hälfte der linken Markhälfte intakt. (Siehe Fig. 7.)

In diesem Falle waren demnach bei der ersten Operation nur der Hinterstrang und der hintere Seitenstrang unverändert geblieben. Trotzdem wurde die Beweglichkeit der hinteren Extremitäten ziemlich vollständig hergestellt. Auch die Empfindlichkeit kehrte, obwohl an dem Bein der operirten Seite unvollkommen, so doch beiderseits wieder zurück. Dieser Versuch zeigt, dass sowohl Sensibilität als auch Motilität ohne die Hinterstränge und graue Substanz vermittelt werden kann. Auch scheinen die coordinirten Bewegungen ohne das mittlere Drittheil des Seitenstranges zu Stande zu kommen.

Versuch VIII.

Am 24. Juli 1880 wurde einem jungen Hunde in der Höhe des 8. Brustwirbels ein Stück der linken

Markhälfte in der Länge von 2 cm aus dem Marke herausgeschnitten. (Siehe Fig. 8.) Schon am 6. Tage konnte das Thier auf allen Vieren stehen, ja sogar auch mit dem linken Hinterbein einige Bewegungen ausführen. Leider starb das Thier plötzlich am 8. Tage, bevor die Untersuchung über die Sensibilität vorgenommen werden konnte.

Im Laufe des Jahres 1880 wurde an drei andern Hunden und einer Anzahl Ratten je eine Hemisection ausgeführt. Die Ergebnisse waren bei allen im wesentlichen dieselben, wie nach dem ersten Halbschnitte bei anderen Versuchen (nur mit dem Unterschied, dass bei Ratten die Wiederkehr der Sensibilität und Motilität viel früher erfolgt als bei Hunden).

Fassen wir die Ergebnisse der oben erwähnten acht Versuche zusammen, so sehen wir daraus Folgendes:

Gleich nach der Operation sind die beiden Hinterbeine gelähmt und gefühllos, gleichviel, ob hierdurch die ganze Markhälfte oder ein Theil derselben verletzt wurde oder ob ein Theil der andern Markhälfte mitverletzt wurde. Während sich die Beweglichkeit des Beins auf der nicht verletzten Seite schon nach einigen Stunden bis Tagen wiederherstellte, ist dieselbe auf der anderen Seite vollkommen verschwunden. Erst gegen Ende der ersten Woche treten auch am Bein der verletzten Seite allmälig willkürliche Bewegungen auf. Im Laufe von 2—4 Wochen lernen die Thiere gehen und laufen und nach 1—2 Monaten ist die Motilität beider Hinterbeine soweit hergestellt, dass sie sich von der eines gesunden Hundes nicht mehr unterscheidet.

Was die Sensibilität betrifft, so kehrt sie überhaupt viel später zurück und ist viel schwerer zu erkennen als die Motilität. Gleich nach der Operation ist sie auf beiden Seiten erloschen. Auf der nicht verletzten Seite wird eine Spur von ihr meist im Laufe der zweiten Woche bemerkbar, während sie auf der anderen Seite viel später zum Vorschein kommt. Dann nimmt sie schneller oder langsamer überall zu, bis sie auf beiden Seiten gleichen Grad erreicht hat. Eine genaue Vergleichung zeigte aber, dass die Empfindung der Hinterbeine fast in allen Fällen gegenüber der an den Vorderbeinen nachweisbaren etwas herabgesetzt blieb.

Nach der zweiten Hemisection verhält sich die Wiederkehr der Motilität und Sensibilität ähnlich wie nach der ersten, nur mit dem Unterschied, dass sie viel später und in manchen Fällen nur unvollkommen erfolgt.

Nach der dritten Hemisection konnte zwar an beiden Beinen die Wiederkehr der willkürlichen Bewegungen bestätigt werden, die Sensibilität konnte aber nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden.

Hyperästhesie wurde in keinem Falle konstatirt.

Die Temperatur der Hinterbeine ist nach jeder Operation viel höher als die der Vorderbeine. Sie ist höher auf der verletzten Seite als auf der andern, geht aber nach einigen Wochen überall zur Norm zurück.

Es muss also aus diesen Versuchen der bestimmte Schluss gezogen werden, dass je eine Markhälfte sensible und motorische Bahnen für beide Körperhälften enthält. Hinzugefügt muss jedoch werden, dass die Bahnen nicht gradlinig von oben nach unten und umgekehrt verlaufen, sondern vielfach nach rechts

und links geschlängelt sein müssen. Ob sich das Thier dieser geschlängelten Bahnen de norma bedient oder ob sie erst nach der Verletzung in Gebrauch gezogen werden (collaterale Innervation), lässt sich nicht entscheiden. Das letztere ist wahrscheinlicher, da sowohl die Empfindung als auch die Bewegung auf der verletzten Seite viel später wiederkehrt als auf der andern.

II. Durchschneidung der Seitenstränge.

Versuch IX.

Am 12. Juli 1879 wurden bei einem circa 3 Jahre alten Hunde die beiden Seitenstränge mit einem Theil der grauen Hörner in der Höhe des letzten Brustwirbels durchschnitten, so dass die Hinter- und Vorderstränge und die centrale graue Masse unverletzt blieben. Sechs Stunden nach der Operation liegen beide Hinterbeine gestreckt und bewegungslos. Der Temperaturunterschied zwischen den vorderen und hinteren Extremitäten beträgt etwa 10° C.

14. Juli. Kneift man ein Hinterbein, so folgt reflektorisches Strecken des anderen. Auch der Schwanz wird beim Kneifen in die Höhe gehoben.

20. Juli. Decubitus ist am Hoden ausgebrochen.

24. Juli. Der Decubitus hat sich auch auf beide Hüften erstreckt. Beim Fortkriechen des Thieres mit den Vorderbeinen sieht man zuweilen geringe Bewegungen an den Hinterbeinen und am Schwanz, welche jedoch mehr den Anschein vom reflektorischen haben.

26. Juli. Der Decubitus wird immer grösser. Der Hund bewegt beide Hinterbeine, das rechte etwas besser als das linke.

28. Juli. Er steht auf allen Vieren. Beim Versuch zu gehen fällt er gleich um. Die Empfindung ist bis jetzt nicht wiedergekehrt.

30. Juli. Der Decubitus verkleinert sich. Heute setzte er die beiden Vorderbeine auf den Rand seines 85 cm hohen Kastens. Während dieser Zeit mussten also die beiden Hinterbeine das ganze Körpergewicht tragen. Er machte auch einige Schritte und zwar, wie beim normalen Gehen, ein Bein nach dem anderen. Die Empfindung ist gleich null. Kein Unterschied der Temperatur an den Gliedern mehr nachweisbar.

10. August. Die Wunde am Rücken ist ganz geheilt. Am linken Hinterbein ist noch eine kleine Decubitusstelle ungeheilt. Der Hund kann jetzt eine ziemlich weite Strecke gehen, doch schwankt er dabei mit dem Hinterkörper hin und her. Die Zehen des linken Beins werden oft umgeknickt.

15. August. Der Decubitus ist ganz geheilt. Der Hund geht beinahe wie ein unversehrter. Klemmt man mit einer starken Papierklemme das rechte Hinterbein, so dreht er den Kopf nach der Seite, zeigt also eine Spur der Empfindung. Links gelingt dies nicht.

24. August. Die Empfindung ist noch immer sehr herabgesetzt. Beim Klemmen eines oder des anderen Hinterbeines verräth zwar sein Gebahren eine unangenehme Empfindung, der Körper wird dabei nach rechts oder links gekrümmt, auch erfolgt fast jedesmal reflektorisches Urinlassen; doch niemals hat er versucht, die

Klemme zu entfernen. Seit einigen Tagen zeigen sich die Pendelbewegungen an den Hinterbeinen.

3. September. Wenn er langsam geht, so sieht man an ihm beinahe nichts abnormes. Wenn er aber die Treppe auf und abgeht, so schleifen die Zehen der Hinterbeine am Rande der Stufen. Umgeknickt werden sie nicht mehr. Beim schnellen Laufen schwankt der Hinterkörper hin und her.

7. September. Schnürt man das rechte oder linke Hinterbein mit einem Kupferdraht fest, so sucht er manchmal nach kurzer Zeit dieselben zu entfernen. Nach diesem vergeblichen ·Versuch kümmert er sich gar nicht mehr um den Draht.

16. September. Nach verschiedenen Versuchen der Art stellte es sich heraus, dass er eine herabgesetzte Empfindung hat; richtige Lokalisation scheint ihm unmöglich zu sein.

10. November. Während des Gehens spritzt er sehr oft eine kleine Quantität Urin aus.

12. Dezember. Er geht jetzt wie ein gesunder Hund, zeigt Geschlechtstrieb. Er läuft einer Hündin nach, beriecht sie und bekommt eine Erectis penis.

2. Juni 1881. Da bis jetzt keine weitere Veränderung mehr eintrat, so wird er heute getödtet. Kurz vor der Tödtung wurde das Thier noch auf die Sensibilität der Hinterbeine geprüft. Selbst die intensivsten Hautreize riefen keinerlei Schmerzensäusserung hervor.

Beim Chloroformiren trat am ganzen Körper, also auch an den Hinterbeinen, heftige Bewegung ein. Beim erneuten Zugiessen des Chloroforms wiederholte sich dasselbe. Während er sich in tiefster Narcose befand,

wurde der obere Theil des Halsmarks blosgelegt und schwach tetanisirt. Es traten Bewegungen in den Muskeln des Halses und der Vorderbeine auf. Beim allmäligen Annähern der secundären Rolle streckten sich die beiden Vorderbeine; die Muskeln des Halses und des Rumpfes contrahirten sich tetanisch, die Hinterbeine aber blieben ganz ruhig.

Herr Prof. von Recklinghausen hatte wiederum die Güte, das herausgenommene Rückenmark zu untersuchen. Er diktirte mir über den Befund Folgendes:

«Hinten. Die Dura ist in der Ausdehnung von 7 mm mit dem Mark verwachsen. 3 mm dickes Granulationsgewebe ist mit dem Wirbelbogen verwachsen. Bei der Durchschneidung dieser Masse sinkt das Rückenmark bedeutend ein. Die Pia ist hier 6 mm lang nicht zu erkennen. An der Stelle derselben tritt weiche Rückenmarkssubstanz zu Tage, zum Theil mit dünner durchsichtiger Masse bedeckt, die sich in die weisse Rückenmarkssubstanz verliert.

Vorn. Linkerseits Verwachsung der Pia und Dura. Nach der Trennung der Verwachsung tritt die glatte Oberfläche der Pia zu Tage. Die Rückenmarkssubstanz schwimmt durch dieselbe hindurch; graue und durchscheinende Theile wechseln mit einander ab. In diesem Bereich liegt die Nervenwurzel, weicher, dicker und zugleich durchscheinender als die der andern Seite. Auf der linken Seite eine cirkuläre Einsenkung von 7 mm Länge. Rechterseits eine Adhäsion der Häute an dem Seitenstrang. Die Rückenmarkssubstanz erscheint hier weich, eingesunken und etwas gräulich. Diese Einsenkung schneidet die Nervenwurzel oberhalb scharf ab.

Innerhalb beider Einsenkungen erhebt sich eine mittlere Stelle, circa 6 mm lang, weisslich, zum Theil gräulich.

Die mikroskopische Untersuchung des gehärteten Markes ergab Folgendes:

Innerhalb der verletzten Stellen verläuft ein Wulst von links oben nach rechts unten. Derselbe besteht aus Rückenmarkssubstanz mit vielen Körnchenkugeln und wenig myelinhaltigen Fasern. In der vertieften Stelle an beiden Seiten feine Fasern, offenbar Bindegewebsfasern, keinenfalls junge Nervenfasern. Oberhalb der verletzten Stelle scheint der Centralkanal bis zum Halsmark hin dilatirt; auf dem Querschnitt bald länglich, bald dreieckig, bald kreisrund. Die Hinterstränge sehen auf dem Schnitte weisser aus als die übrige Stelle. Aber von secundärer Degeneration, speziell von Körnchenkugeln ist ebensowenig in den Goll'schen Strängen wie in den peripherischen Seitensträngen etwas zu sehen.

Unterhalb der verletzten Stelle keine Dilatation des Centralkanals, dagegen Atrophie zahlreicher Fasern in beiden hinteren Seitensträngen (Pyramidenseitenstrangbahnen), so dass die äusserste Peripherie derselben (Kleinhirnseitenstrangbahnen) frei bleibt, aber keine deutliche Körnchenkugeln in den degenerirten Stellen.

Der Schnitt trennte auf beiden Seiten des Marks die Seitenstränge, den Seitentheil der Vorder- und Hinterstränge und die grauen Hörner.» (Siehe Fig. 9.)

Aus diesem Versuch geht hervor, dass die Sensibilität der Hinterextremitäten nicht ganz aufgehoben wird, trotzdem beide Seitenstränge an einer Stelle des Marks durchschnitten sind. Dass die Motilität hierdurch sehr

wenig gelitten hat, sieht man daraus, dass das Thier coordinirte Bewegungen ausführte, d. h. beim Gehen die Bewegungen der Vorderbeine in normaler Weise mit denen der Hinterbeine abwechseln liess, ja sogar laufen und springen konnte. Auch die oben erwähnten Bewegungen während des Chloroformirens beweisen uns, dass die starke Affektion des Grosshirns bis zu den Hinterbeinen gelangte. Desto auffallender ist es, dass die elektrische Reizung des Halsmarks gar keine Bewegung in den Hinterextremitäten hervorrief. Man kann dies nur so erklären, dass die Erregung durch den Willen mächtiger ist als die Wirkung des elektrischen Stromes und daher durch die schmale Verbindungsbrücke des Markes hindurch bis zu den Muskeln gelangen konnte, während der Strom dazu nicht hinreichte[1]. Durch welchen der unverletzt gebliebenen Theile des Marks die motorische und sensible Leitung vermittelt wurde, lässt sich in dem Falle nicht entscheiden. Es ist aber, wie wir später sehen werden, in hohem Grade wahrscheinlich, dass die erstere hauptsächlich durch die Vorderstränge vermittelt wurde.

Versuch X.

Am 13. März 1880 wurde einem jungen Hunde das Mark am 1. Lendenwirbel so eingeschnitten, dass die beiden Seitenstränge durchschnitten wurden.

14. März. Die beiden Hinterbeine liegen gebeugt und bewegungslos.

---

1. Vergleiche Vers. V., VI., XII., XVI.

25. März. Seit einiger Zeit kann er ganz gut stehen. Heute machte er sogar einige Schritte. Das rechte Hinterbein wird hierbei etwas nachgeschleppt und die Zehen desselben werden umgeknickt.

5. April. Die Wunde ist ganz geheilt. Er geht und läuft so gut, dass ein Laie eine Abnormität an ihm schwerlich finden wird. Wenn man aber aufmerksam zusieht, so merkt man, dass er mit dem Hinterkörper etwas schwankt.

Die Empfindlichkeit ist am rechten Hinterbeine viel deutlicher als am linken, indem er beim Fressen rechts schon auf schwache, links aber erst auf starke Reize knurrt; sie ist aber beiderseits noch sehr herabgesunken.

14. April. Er geht, läuft und springt wie ein unversehrter Hund. Die Empfindung ist hingegen noch immer stumpf.

19. April. Die Sensibilität ist beiderseits gleich. Die angehängte Papierklemme merkt er nicht, erst beim starken Quetschen beisst er nach der Hand.

27. April. Heute wird er zum zweiten Male operirt. Das Rückenmark wurde am 7. Brustwirbel in der Mitte durchstochen, so dass nur ein kleiner Rest beider Seitenstränge unverletzt blieb.

8. Mai. Er steht auf allen vier Beinen und macht taumelnd einige Schritte.

14. Mai. Beim Laufen schwankt er mit dem Hinterkörper hin und her. Er wedelt jedesmal beim Anrufen.

18. Mai. Die Wunde ist geheilt.

20. Mai. Er geht und läuft ziemlich sicher; springen kann er noch nicht gut. Die Empfindung ist noch nicht hergestellt.

28. Mai. Drückt man die Zehen des rechten Hinterbeins stark zusammen, so beisst er nach der Hand. Er lokalisirt also die Empfindung. Auch am linken ist eine Spur von ihr vorhanden.

31. Mai. Tritt man auf die Zehen des linken Hinterbeins, so winselt er und sucht zu entfliehen. Erst wenn dadurch die Haut der Hüfte gezerrt wird, dreht er den Kopf nach dieser Seite; er beisst aber nicht nach dem Beobachter.

12. Juni. Da das Thier seit einigen Tagen stark abmagert und sonst keine weitere Veränderung zeigt, so wird es heute getödtet.

Die Section ergab, dass der erste Schnitt die beiden Seitenstränge und die grauen Hörner durchschnitten hat, und zwar, wie erwartet, links etwas mehr als rechts. An der zweiten Schnittstelle wurde das Messer hinten ganz in der Mitte ein-, vorn aber mehr nach links ausgestochen, so dass möglicherweise die seitliche Partie des rechten Vorderstranges unverletzt sein könnte.

Die mikroskopische Untersuchung bestätigte den Befund an der ersten Stelle. An der zweiten Stelle waren die Hinterstränge, der grösste Theil der grauen Substanz, der ganze linke Vorder- und ein Theil der beiden Seitenstränge durchschnitten. Der rechte Vorderstrang war zum Theil intakt. (Siehe Fig. 10.)

Auch dieser Versuch bestätigt uns, dass die Durchschneidung beider Seitenstränge an einer Stelle des Marks keinen namhaften dauernden Einfluss auf die motorische und sensible Leitung hat. Er beweist uns ferner, dass die übrigen Marktheile, welche in diesem

Falle jene Leitung übernommen haben müssen, an einem noch höher gelegenen Theile des Rückenmarks durchschnitten sein können, ohne dass dadurch die Motilität und Sensibilität ganz aufgehoben wird.

III. Durchschneidung der vorderen und hinteren Hälfte des Rückenmarks.

Versuch XI.

Am 16. Dezember 1880 wurde einem mittelgrossen Hunde (Hündin) die vordere Hälfte des Marks zwischen Lenden- und Brustwirbelsäule durchschnitten. 7 Stunden nach der Operation sind beide Hinterbeine gelähmt.

23. Dezember. Die Hinterbeine werden etwas bewegt.

25. Dezember. Heute Morgen hat die Hündin zwei Junge geworfen. Ein Umstand, der zeigt, dass die Funktion des Uterus nicht gestört ist.

28. Dezember. Das Thier wedelt jedesmal beim Anrufen.

6. Januar 1881. Es steht auf allen vier Beinen.

8. Januar. Geht taumelnd einige Schritte.

11. Januar. Der Hund geht etwas besser. Doch werden die beiden Hinterbeine noch etwas nachgeschleppt.

22. Januar. Er geht sicher. Die Wunde ist vollkommen geheilt.

27. Januar. Wenn er langsam geht, so wird keine Abnormität mehr bemerkt; sobald er aber schnell läuft, schwankt der Hinterkörper hin und her. Eine Spur

der Empfindung ist heute an beiden Hinterbeinen nachweisbar.

1. Februar. An den Hinterbeinen angebrachte Papierklemme merkt er nicht. Wenn das eine oder andere Hinterbein stark gedrückt wird, so winselt er und sieht sich nach der entsprechenden Seite um. Er scheint also stärkere Empfindung lokalisiren zu können.

23. Februar. Da sich die Motilität und Sensibilität nicht weiter bessert, so wird er heute zum zweiten Male operirt, und zwar wird die hintere Hälfte des Marks in der Gegend des 4. Brustwirbels durchschnitten.

26. Februar. Die beiden Hinterbeine liegen gestreckt. Sie sind gelähmt und gefühllos.

8. März. Die Wunde ist nahezu geheilt. In der Umgebung der Scheide und des Afters ist Decubitus ausgebrochen.

14. März. Die Hinterbeine werden etwas bewegt.

19. März. Seit einiger Zeit magert er stark ab. Der Decubitus verbreitet sich weiter.

21. März. Heute Morgen wurde das Thier todt aufgefunden.

Die Section zeigte, dass der erste Schnitt mehr als die vordere Hälfte des Markes (an der linken Seite, wo das Messer eingestochen wurde, beinahe $^3/_4$ der ganzen Dicke des Marks) durchschnitten hat. An der zweiten Stelle war der Schnitt wie beabsichtigt ausgeführt. (Siehe Fig. 11.)

Hiernach müssen wir annehmen, dass die hintere Hälfte des Marks sowohl die Bewegung als auch die Empfindung vermittelt.

Versuch XII.

Am 2. März 1880 wurde einem zweijährigen Hunde die hintere Hälfte des Markes am letzten Brustwirbel durchschnitten.

3. März. Die beiden Hinterextremitäten sind gelähmt und empfindungslos.

6. März. Er hebt das Becken ein wenig in die Höhe.

9. März. Er wedelt mit dem Schwanze.

11. März. Die Wunde heilt allmälig zu.

19. März. Er steht auf allen Vieren und macht taumelnd einige Schritte.

1. April. Er läuft ziemlich sicher; doch schleifen die beiden Hinterbeine hierbei etwas am Boden. Die Empfindung ist noch sehr undeutlich, dass ihr Vorhandensein noch zweifelhaft ist.

26. April. Er läuft jetzt ganz wie ein unversehrter Hund. Die Sensibilität hat sich weiter nicht hergestellt.

7. Mai. Auf der Höhe des 7. Brustwirbels wurde die vordere Hälfte des Markes durchschnitten.

20. Mai. Hebt man den Hund am Vorderkörper empor, so pendeln die beiden Hinterextremitäten sehr lebhaft auf und nieder.

25. Mai. Die Wunde ist nahezu geheilt.

27. Mai. Reflex an den Hinterbeinen sehr lebhaft. Auch scheint er dieselben willkürlich bewegen zu können.

1. Juni. Das rechte Hinterbein kann er besser bewegen als das linke.

21. Juni. Er sucht Schritte zu machen; es gelingt aber nicht, da er das Becken nicht in die Höhe heben kann. Wenn man aber den Hinterkörper am Schwanz aufhebt, so macht er mit allen vier Beinen regelmässige coordinirte Gangbewegungen. Auf diese Weise kann er ziemlich weit gehen.

15. Juli. Er kann jetzt auf allen Vieren stehen, macht sogar ohne unsere Hülfe einige Schritte vorwärts, fällt aber bald wieder um. Das Stehen allein beweist nicht, dass das Thier willkürliche Bewegung macht, da ein Thier mit vollständig durchschnittenem Mark zuweilen auch stehen kann. Da aber unser Thier coordinirte Gangbewegungen ausführt, so sind wir versichert, dass hier der Willensimpuls durch die beiden Schnittstellen bis zu den Hinterbeinen gelangen kann. Das Vorhandensein von Empfindung konnte bis jetzt nicht ermittelt werden.

3. November. Da sich am Thier keine weitere Veränderung constatiren lässt, so wird es heute getödtet. Tetanisirung des Hals- und Brustmarks ruft heftigste Bewegungen in den oberhalb der Schnittstellen gelegenen Theilen hervor. Die beiden Hinterextremitäten bleiben dabei ganz ruhig. Die letzteren werden tetanisch ausgestreckt, wenn man das Rückenmark im Lendentheil reizt.

Die Section zeigte, dass der erste Schnitt die Hinterstränge, fast die ganze graue Substanz, den grössten Theil beider Seitenstränge und einen Theil der Vorderstränge durchtrennte, so dass nur der vordere Theil der Vorder- und Seitenstränge unverletzt blieb.

Der zweite Schnitt traf mehr als die vordere Hälfte

des Markes und namentlich an der linken Seite, wo das Messer eingestochen wurde, war der Seitenstrang fast vollständig durchschnitten. Der unverletzt gebliebene Theil der hinteren grauen Substanz war zum Theil sklerosirt.

Aus diesem Versuch geht unzweifelhaft hervor, dass ein verhältnissmässig kleiner Theil der Vorder- und der vorderen Seitenstränge vollkommen im Stand ist, die Willensimpulse vom Hirn zur Peripherie ungestört zu leiten und dass die durch die erste Operation verschonten Theile an noch höher gelegener Stelle des Rückenmarks durchschnitten sein können, ohne dass die coordinirten Bewegungen der Hinterextremitäten aufgehoben werden.

Die motorischen Bahnen müssen demnach nicht nothwendig gradlinig von oben nach unten, sondern können von vorn nach hinten und umgekehrt geschlängelt verlaufen. Es ist höchst wahrscheinlich, dass auch die sensiblen Bahnen ähnlichen Verlauf nehmen. Das letztere kann aber nicht mit Sicherheit behauptet werden, da die Empfindung schon nach der ersten Operation nicht deutlich ausgesprochen war. Auch in diesem Falle ist es noch Frage, ob sich das Thier de norma dieser Bahnen bedient oder ob sich dieselben erst nach den Verletzungen ausgebildet haben.

IV. Durchschneidung der mittleren Partie des Rückenmarks.

Versuch XIII.

Am 22. Juli 1879 wird einem jungen Pudel das

Rückenmark an der Grenze der Brust- und Lendenwirbelsäule so eingeschnitten, dass die Hinterstränge, die centrale graue Axe und die Vorderstränge durchtrennt werden. 6 Stunden nach der Operation frisst das Thier ganz begierig. Beim Druck auf die Hinterbeine scheint es etwas zu empfinden; sie werden hierbei etwas angezogen. Sonst liegen sie gestreckt und bewegungslos. Geringe Nackenstarre.

24. Juli. Er wedelt mit dem Schwanz ganz wie ein unversehrter Hund.

25. Juli. Er steht auf allen Vieren. Das Becken steht etwas tiefer als der Vorderkörper. Er geht einige Schritte; das linke Hinterbein wird dabei etwas nachgeschleppt.

28. Juli. Eine Spur von Empfindung ist an den Hinterbeinen nachweisbar.

10. August. Die Rückenwunde ist vollständig geheilt. Er läuft ziemlich sicher; dabei lässt er sehr oft eine kleine Quantität Harn ausspritzen.

15. August. Die Motilität und Sensibilität ist an beiden Hinterextremitäten gleich, doch ist die letztere verglichen mit derjenigen der Vorderbeine etwas stumpfer. Auf der Bauchfläche zerstreute flache eitrige Hautgeschwüre.

25. August. Die Geschwüre verbreiten sich auf die Hinterbeine.

3. September. Heute Morgen todt aufgefunden.

Die Autopsie ergab, dass die Hinterstränge mit den anliegenden Theilen der Seitenstränge, die graue Axe mit Ausnahme eines kleinen Theiles der Hörner und der mittlere Theil der Vorderstränge durchschnitten waren. (Siehe Fig. 14.)

Dieser Versuch beweist uns, dass die Seitenstränge mit dem anliegenden Theile der Vorderstränge im Stande sind, sowohl die Motilität als auch Sensibilität zu vermitteln.

Versuch XIV.

Am 28. Oktober 1879 wurde an einem jungen Hunde derselbe Versuch wiederholt. Gleich nach der Operation bewegt er das rechte Hinterbein. 7 Stunden später steht er auf allen vier Beinen.

29. Oktober. Er sprang aus seinem 85 cm hohen Kasten heraus. Sein Gang ist langsam und etwas taumelnd.

12. November. Er hat an den Hinterbeinen deutliche Empfindlichkeit.

25. November. Die Wunde ist ganz vernarbt. Sein Gang ist vollkommen normal. Er lokalisirt die Reize, welche die Hinterbeine und den Schwanz treffen, ganz genau.

12. Dezember. Auf der Höhe des 8. Brustwirbels wird an demselben Hunde das Mark so eingeschnitten, dass die bei der ersten Operation unverletzt gebliebenen Theile durchschnitten werden.

13. Dezember. Beide Hinterbeine sind total gelähmt und gefühllos.

18. Dezember. Heute wurden an den Hinterbeinen und am Schwanz Reflexbewegungen bemerkt.

24. Dezember. Die Hinterbeine sind gelähmt und scheinen keine Empfindung zu haben.

1. Januar 1880. Heute Morgen wurde das Thier todt aufgefunden.

Die Section zeigte, dass der erste Schnitt die Hinter- und Vorderstränge mit dem anliegenden Theil der Seitenstränge und die graue Substanz durchtrennte und dass der zweite beide Seitenstränge, die grauen Hörner und die Vorderstränge fast in ihrer ganzen Ausdehnung durchschnitt. An der ersten Stelle waren die Schnittenden durch das Narbengewebe innig verwachsen, an der zweiten klafften sie bei der Herausnahme des Marks auseinander.

Die Erscheinungen nach der ersten Operation beweisen uns auch in diesem Falle, dass die Durchschneidung der mittleren Partie des Marks keinen Einfluss auf die Leitung der Bewegung und Empfindung hat. Daraus aber, dass nach der Durchtrennung der seitlichen Partien beide Leitungen aufgehoben waren, darf noch nicht geschlossen werden, dass sie durch diese Partien vermittelt werden, da das Thier nicht lange genug gelebt hatte, um so mehr als sie in manchen Fällen sich die Wiederkehr der Leitung erst im Laufe mehrerer Wochen, ja selbst Monate nachweisen lässt.

Auch die Ergebnisse des Versuchs X sprechen dagegen.

Versuch XV.

Am 14. Mai 1881 wurde einem sechs Monate alten Hunde das Mark zwischen 1. und 2. Lendenwirbel in der Mitte durchstochen, so dass die Hinter- und Vorderstränge und die ganze graue Substanz durchschnitten wurden.

Gleich nach der Operation geht er auf vier Beinen und wedelt mit dem Schwanz; das Becken steht etwas niedrig. 6 Stunden nach der Operation sind alle Glie-

der gestreckt. Die Umgebung der Wunde ist stark angeschwollen. Geringe Nackenstarre.

17. Mai. Die Wunde sieht jauchig aus. Er geht und läuft ziemlich sicher. Das linke Hinterbein scheint etwas schwach zu sein. Er wedelt sehr lebhaft. Beim Kneifen des rechten oder linken Hinterbeins winselt er und sieht sich nach der Reizstelle um. Da er seit der Operation nichts gefressen hat und keine Aussicht auf sein Durchkommen vorhanden ist, so wird er heute getödtet.

Bei der Section stellte es sich heraus, dass das Messer hinten ganz in der Mitte eingestochen, vorn aber etwas nach links ausgestochen wurde.

Die mikroskopische Untersuchung des gehärteten Marks ergab, dass die Hinterstränge mit den anliegenden Theilen der hinteren Seitenstränge, die graue Substanz mit Ausnahme eines kleinen Theiles des rechten vorderen Horns und der linke Vorderstrang durchschnitten wurden. Vom rechten Vorderstrang war die seitliche Partie unverletzt geblieben. (Siehe Fig. 15.)

Dieser Versuch bestätigt uns, dass die Durchschneidung der mittleren Partie des Markes viel weniger Störungen der Motilität und Sensibilität verursacht, als die der seitlichen, indem nach dieser die Herstellung beider Leitungen viel später erfolgt, als nach jener Durchschneidung.

V. Durchschneidung des ganzen Marks mit Ausnahme der Vorder- und Hinterstränge.

Versuch XVI.

Einem jungen Hunde wurde am 29. Januar 1880 das

Rückenmark zwischen Lenden- und Brustwirbelsäule von beiden Seiten so eingeschnitten, dass nur die Hinterstränge und ein Theil der hinteren grauen Substanz unverletzt bleiben.

30. Januar. Die beiden Hinterbeine sind gelähmt und gefühllos.

4. Februar. Es zeigt sich Decubitus am Hoden.

8. Februar. Der Decubitus verbreitet sich bis zum Schwanz, After und den Hüften.

12. Februar. Der Decubitus grenzt sich ab. Die Rückenwunde heilt allmälig.

6. März. Der Decubitus verkleinert sich. Beim Heben am Vorderkörper pendelt er mit beiden Hinterbeinen.

9. März. Alles geheilt.

19. März. Er steht auf allen Vieren. Beim Versuch Schritte zu machen, fällt er gleich um.

1. April. Er geht jetzt ziemlich sicher, schwankt aber bei raschem Laufen.

21. April. Man kann ihm auf die Zehen treten, ohne dass er schreit.

28. Mai. Die Augen wurden zugebunden. Nachdem er sich beruhigt hatte, wurden der Schwanz, die Hinterbeine etc. gedrückt und gestochen. Es traten geringe Reflexbewegungen an den Theilen auf, aber er blieb übrigens ganz ruhig. Sowie man aber ihn am Vorderkörper ganz leise berührt, knurrt er sofort sehr heftig. Also keine Empfindung an den hinteren Theilen. Auch die Motilität hat sich weiter nicht verbessert. Der Hinterkörper ist sehr abgemagert.

2. Juni. Heute wird er getödtet. Vor der Tödtung wurde noch die Empfindung der Hinterbeine geprüft.

Es ergab sich, dass die intensivsten Hautreize keine Schmerzensäusserung hervorriefen.

Auch die Tetanisirung des freigelegten N. ischiadicus mit Inductionsströmen rief heftige Bewegungen in den Hinterbeinen und Bauchmuskeln hervor, aber keine Schmerzensäusserung. Bei Tetanisirung des Hals- und Brustmarks traten starke Bewegungen in allen übrigen Körpertheilen auf, nur die Hinterbeine blieben ganz ruhig.

Die Untersuchung des herausgenommenen Marks durch Herrn Professor v. Recklinghausen ergab Folgendes:

«Vorn. 2 cm oberhalb der Durchschnittstelle beginnt die Verwachsung der Dura und Arachnoidea. Unterhalb fehlen sie. An der Durchschnittstelle selbst linkerseits totale Verwachsung der Pia, so dass hier die grosse Vene, welche in der vorderen Längsfissur gelegen ist, nach links dislocirt erscheint. Die Adhäsion ist mit Mühe zu trennen. Entsprechend der Adhäsion sieht man einen rhombischen Spalt in der Dura mit quer verlaufendem Durchmesser von 2 mm. Das Rückenmark zeigt hier eine cirkuläre 2 mm lange Einsenkung und sieht durchscheinend und gelblich aus. Rechterseits keine Verwachsung. Die Einsenkung hier entspricht genau dem Ursprung der vorderen Nervenwurzel.

Hinten. An der hinteren Seite continuirliche Verwachsung der Dura mit dem Knochen in der Ausdehnung von 5 mm, in Folge deren die Dura bei Herausnahme des Markes verletzt wurde. Weiterhin wurde beim Durchschneiden des Granulationsgewebes, welches

hier die Dura mit dem Knochen verbindet, ein Hohlraum geöffnet, der direkt in die Substanz des Markes hineinreicht. An dem Granulationsgewebe hängt weiche Rückenmarkssubstanz, welche wahrscheinlich die Höhle ausgefüllt hatte. Dieses Gewebe ist zum Theil durchsichtig, mit feinen Gefässen durchzogen. Die Höhle ist 5 mm lang, $1\frac{1}{2}$ mm tief. Oberhalb und unterhalb äusserlich nichts abnormes.

Die mikroskopische Untersuchung ergab Folgendes:

Der rechte Vorderstrang ist ganz erhalten; links nur ein kleiner Rest. Die Hinterstränge sind stark atrophirt. Nichts von Regeneration. Der übrige Befund ist ähnlich wie in den anderen Fällen.[1] (Siehe Fig. 16.)

Unterhalb der Schnittstelle kein Zeichen der secundären Degeneration. Oberhalb sind die Goll'schen Stränge und eine dünne Lage der Kleinhirnseitenstrangbahnen degenerirt.»

Hier waren demnach beide Seitenstränge und die graue Axe vollständig und ein kleiner Theil der Vorderstränge durchschnitten. Trotzdem konnte das Thier sicher gehen und auch leidlich laufen. Es muss in diesem Falle die motorische Leitung durch die Vorderstränge vermittelt worden sein, da es für diese Leitung durch die Hinterstränge, wie wir sehen werden, keinen Nachweis gibt. Die sensible Leitung war hier trotz der Erhaltung der Hinterstränge, welche übrigens stark atrophirt waren, vollständig verschwunden.

---

1. S. Vers. V und IX.

VI. Durchschneidung des ganzen Rückenmarkes mit Ausnahme der Hinterstränge.

Versuch XVII.

Am 15. Juli 1880 wurde einem jungen Hunde zwischen 10. und 11. Brustwirbel das ganze Mark mit Ausnahme der Hinterstränge durchschnitten. (S. Fig. 17.) Nach der Operation wurde die Blutung durch Abwaschen mit dem Schwamm so lange unterhalten, bis das Thier erschöpft den Kopf sinken liess und die Augen schloss. Hierauf wurde die Sensibilität beider Hinterbeine untersucht. Es ergab sich, dass an ihnen weder Schmerz noch Tastempfindlichkeit erhalten blieb.

Das Thier starb nach drei Tagen, ohne dass die Sensibilität und Motilität an seinen Hinterbeinen nachgewiesen werden konnten.

Derselbe Versuch wurde an zwei anderen Hunden, mehreren Kaninchen und Ratten wiederholt und zwar auf verschiedener Höhe des Marks. Es gelang mir aber niemals, jenen Zustand zu erzeugen, welchen Schiff Analgesie nannte. Die beiden Hinterbeine waren gelähmt und gefühllos. Die Thiere starben alle nach 2 bis 5 Tagen.

Ein anderer Hund, an welchem die Operation möglichst ohne Blutung ausgeführt wurde, lebte etwas länger, die Ergebnisse blieben aber dieselben.

VII. Durchschneidung der Hinterstränge.

Versuch XVIII.

Im Laufe des Sommers 1880 hatte ich vielfach Ge-

legenheit, mehrere Hunde zu beobachten, denen die Hinterstränge im unteren Theile des Halsmarks durchschnitten wurden. Auch habe ich selbst an einem Hunde zwischen 5. und 6. Halswirbel die beiden Hinterstränge durchschnitten. Die meisten dieser Thiere starben binnen einer Woche. Einige derselben konnten schon am Tage der Operation stehen und gehen, die anderen erst am zweiten oder dritten. Doch gab es auch solche, die weder gehen noch stehen konnten. Bei ihnen konnte die Sensibilität bis zum Tod nicht constatirt werden. Die meisten aber hatten schon am zweiten Tage eine deutliche Schmerzempfindlichkeit; manche konnten sogar die Empfindung lokalisiren. Es liess sich jedoch schwer constatiren, ob sie auch die Tastempfindung haben. Bei einem derselben konnte man sie aber mit Sicherheit nachweisen, indem das Thier jedesmal den Kopf nach der Seite umdrehte, an welcher das Bein so leise wie möglich berührt wurde. Die Section dieses Thieres ergab, dass nicht nur die Hinterstränge, sondern auch ein Theil der angrenzenden Seitenstränge und der grauen Substanz durchschnitten war. (Siehe Fig. 18.)

Bei Ratten, welche dieselbe Operation erlitten haben, wurde sowohl die Contactsensibilität als auch die Schmerzempfindlichkeit gleich nach der Operation constatirt. Sie ertrugen diese Operation sehr gut, indem die Wunde meist ohne Eiterung vernarbte und sie lange Zeit hindurch am Leben erhalten werden konnten.

Ich schliesse diese Arbeit, indem ich kurz die hauptsächlichen Resultate der Versuche zusammenstelle:

1) Durchschneidung einer Markhälfte (in der untern Brust- oder oberen Lendengegend) hat meistens keinen Einfluss auf die Bewegung und Empfindung der unterhalb des Schnittes gelegenen Theile.

Es muss demnach je eine Markhälfte motorische und sensible Bahnen für die beiden Körperhälften enthalten.

2) Wird im Bereich der Brustwirbel durch eine Operation die rechte Markhälfte und durch eine zweite in einigem Abstande von der ersten Operation die linke Hälfte des Markes durchschnitten, so wird durch diesen Eingriff weder die Sensibilität noch die Motilität an den Hinterbeinen dauernd aufgehoben.

Demnach müssen motorische und sensible Bahnen für die Hinterbeine vorhanden sein, welche nicht gradlinig von oben nach unten und umgekehrt, sondern von rechts nach links und vice versa geschlängelt verlaufen.

3) Nach dreimaliger wechselständig ausgeführter Hemisection des Dorsalmarkes waren die Bewegungen der Hinterbeine stark gestört. Doch konnte das Thier coordinirte Bewegungen mit denselben ausführen. Die Sensibilität konnte jedoch nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden.

4) Nach Durchschneidung aller Marktheile mit Ausnahme des rechten hinteren Seitenstranges und der äussersten Portion des rechten Hinterstranges (innerhalb des letzten Brustwirbels) kehrte die Motilität der hinteren Extremitäten ziemlich vollständig zurück. Die Sensibilität

dagegen war namentlich auf der Seite, welche der völlig durchschnittenen Markhälfte entsprach, sehr beeinträchtigt.

5) Nach Durchschneidung beider Seitenstränge und eines Theiles der grauen Hörner an einer Stelle des Markes (innerhalb des letzten Brustwirbels oder 1. Lendenwirbels) bleibt die Motilität vollständig erhalten. Die Sensibilität ist aber unter die Norm herabgesetzt.

Demnach müssen wir entnehmen, dass motorische und sensible Bahnen nicht ausschliesslich in den Seitensträngen, sondern auch in den übrigen Marktheilen enthalten sind und dass coordinirte Bewegungen der Hinterbeine auch ohne Vermittlung der Leitung durch die mittleren Drittheile der Seitenstränge zu Stande kommen können. Auch die unten in 7) und 11) zu erwähnende Erscheinung spricht dafür.

6) Durchschneidung der vorderen Hälfte des Rückenmarkes (zwischen dem Brust- und Lendenmark) hat keinen dauernden Einfluss auf die motorische Leitung. Auch die Sensibilität wird hierdurch nicht sehr gestört, indem das Thier im Stand ist, starke Empfindungsreize zu lokalisiren.

7) Durchschneidung des ganzen Marks mit Ausnahme des vorderen Theiles der Vorder- und Seitenstränge hinterlässt keine dauernde Störung der Bewegung. Die Empfindung scheint nach diesem Eingriff in den Hinterbeinen zu erlöschen.

8) Wird bei demselben Thiere, welches die eben genannte Operation durchgemacht hat, in einer zweiten Sitzung in einigem Abstand von der ersten Wunde die Durchschneidung der vorderen zwei Drittel des ganzen

Rückenmarks vorgenommen, so hören die coordinirten Bewegungen der Hinterextremitäten nicht ganz auf.

9) Nach den in 6), 7) und 8) angeführten Ergebnissen müssen wir annehmen, dass es motorische Bahnen gibt, die nicht gradlinig von oben nach unten, sondern von vorn nach hinten und umgekehrt geschlängelt verlaufen. Es ist sehr wahrscheinlich, dass dasselbe auch von sensiblen Bahnen gilt.

10) Durchschneidung aller Marktheile mit Ausnahme beider Seitenstränge (in der unteren Dorsalgegend) hat keinen Einfluss auf die Sensibilität und Motilität der hinteren Extremitäten.

Daraus folgt, dass die Leitung der Bewegung und Empfindung zwischen Vorder- und Hinterkörper im Rückenmark auch ohne die graue Substanz vermittelt werden kann.

11) Nach Durchschneidung des ganzen Markes mit Ausnahme der Vorder- und Hinterstränge bleibt die Motilität vollkommen erhalten. Die Sensibilität war in diesem Fall total verschwunden.

Demnach, und nach dem in 7) erwähnten sind wir genöthigt, anzunehmen, dass wenig oder gar keine sensible Fasern in den Vordersträngen enthalten sind.

12) Nach Durchschneidung des ganzen Marks mit Ausnahme der Hinterstränge gehen sowohl die Bewegung als auch die Empfindung verloren. In keinem Fall wurde Analgesie beobachtet.

13) Nach Durchschneidung der Hinterstränge (am unteren Halsmark) bleibt die Leitung der Bewegung und Empfindung intakt. In einem Fall wurde das Erhaltensein der Tastempfindung mit Sicherheit nachgewiesen.

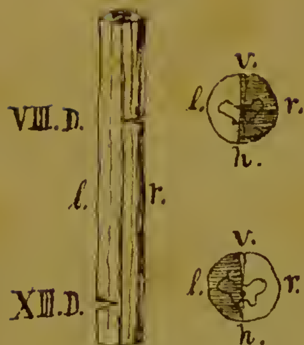
14) Nach keiner dieser Verletzungen wurde die Hyperästhesie beobachtet; ebensowenig die Hyperknesie.

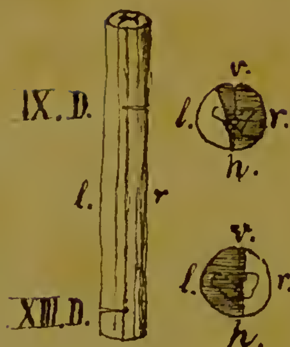
15) Regeneration der verletzten Marktheile findet nicht statt.

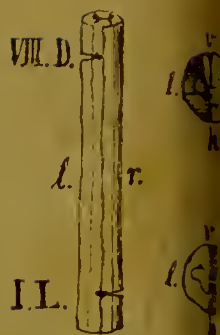
Schliesslich sei es mir gestattet, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Goltz, für die ausgedehnte Anleitung, die er mir bei dieser Arbeit zu Theil werden liess, meinen tief gefühlten Dank auszusprechen.

Auch für Herrn Prof. v. Recklinghausen fühle ich mich für die mir gestattete Unterstützung zu wärmstem Dank verpflichtet.

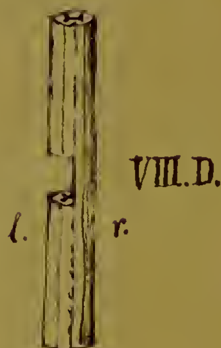


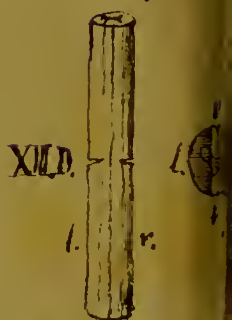


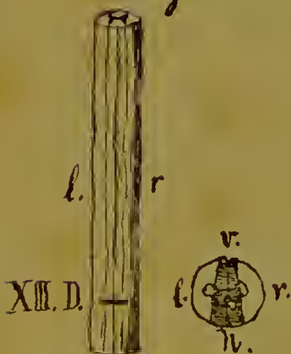


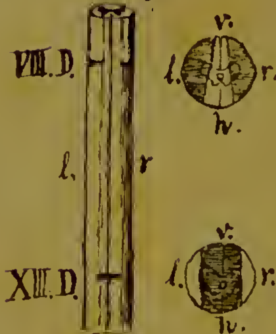


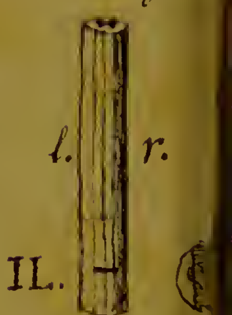












Abbildungen zu den Unte
im Rückenmark de

Fig. 4.

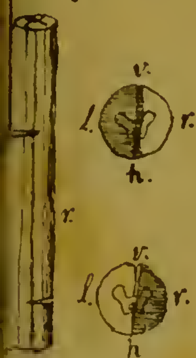


Fig. 5.

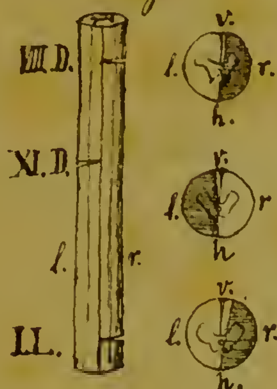


Fig. 6.

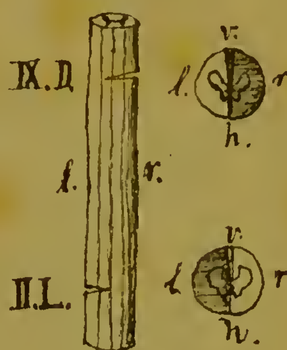


Fig. 10.



Fig. 11.

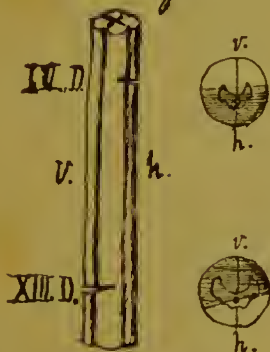


Fig. 12.

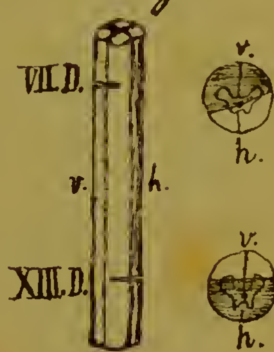


Fig. 16.

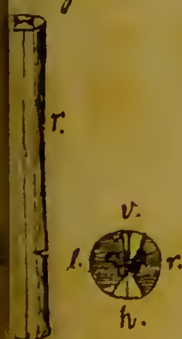


Fig. 17.

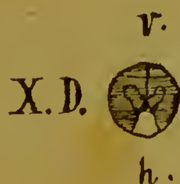
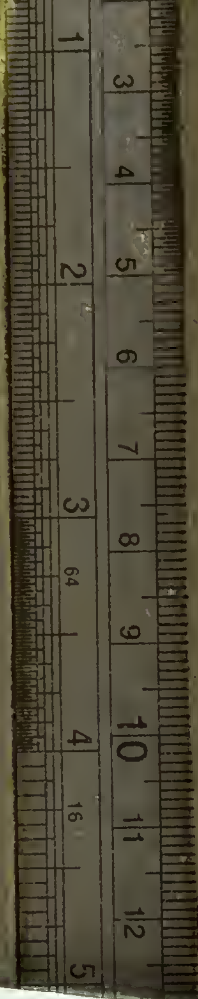


Fig. 18.



ber die Leitungsbahnen
n Kenge Osawa.)

Anl. P. Schultz & Cie Strasburg.





TABLE(S)
RUN INTO
GUTTER